

Prototip: Prototip induktivnog senzora pomeraja u LTCC tehnologiji

Rukovodilac projekta: prof. dr Ljiljana Živanov

Odgovorno lice: Nelu Blaž

Autori: Nelu Blaž, Andrea Marić, Ljiljana Živanov,
Fakultet tehničkih nauka (FTN), Novi Sad, Srbija;
Goran Radosavljević,
Institut za senzorske i aktuatorске sisteme, Beč, Austrija

Razvijeno: u okviru projekta tehnološkog razvoja TR-32016

Godina: 2015.

Primena: novembar 2015.

Kratak opis

Opisana je detaljna realizacija prototipa senzora pomeraja u LTCC (*Low Temperature Co-Fired Ceramic*) tehnologiji. Senzor se sastoji od pokretnog dela koji čini feritna šipka i nepokretnog dela sa 3D induktorom koji je obavijen oko mikro kanala u kome se kreće feritna šipka. Princip detektovanja pomeraja je sledeći: prilikom pomeranja feritne šipke u ravni, unutar mikro kanala, dolazi do promene induktivnosti 3D induktora. Za prototip senzora pomeraja razvijen je teorijski model na osnovu kog je realizovan i programski alat za simulaciju. Dimenzije prototipa senzora pomeraja fabrikovanog u LTCC tehnologiji su 40,8 mm x 40,5 mm. Senzor je eksperimentalno okarakterisan i dobijeni rezultati su upoređeni sa rezultatima simulacija. Utvrđeno je dobro slaganje eksperimentalnih i simuliranih rezultata čime je potvrđena validnost razvijenog teorijskog modela. Takođe, analizom dobijenih eksperimentalnih rezultata utvrđeno je da pomeraj feritne šipke od 1 mm odgovara promeni induktivnosti senzora za 22,8 nH što odgovara osetljivosti senzora od 22,8nH/mm

Tehničke karakteristike:

Projektovanje i karakterizacija prototipa senzora pomeraja izrađenog u LTCC tehnologiji.

Tehničke mogućnosti:

Opisano tehničko rešenje omogućava kvalitetnu izradu induktivnih senzora pomeraja u LTCC tehnologiji koji mogu naći svoju primenu pre svega u uslovima otežanog rada (velika vlažnost, temperatura i sl.).

Realizatori:

Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija
Institut za senzorske i aktuatorске sisteme, Beč, Austrija

Korisnici:

Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Podtip rešenja:

M85 Prototip

Uvod

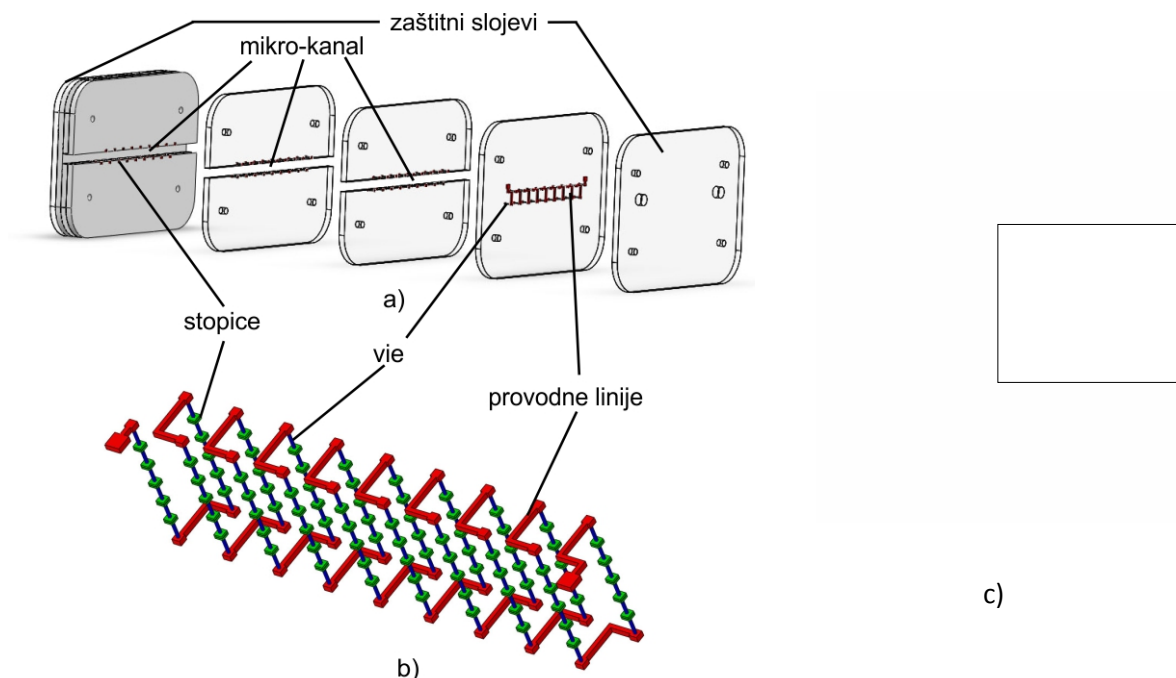
Detekcija linearnog pomeraja u ravni je od interesa za mnoge oblasti kao što su medicina, industrija, robotika i sl. Za industrijsku primenu najčešće se koriste magnetni i optički senzori pomeraja. Dobra odlika optičkih senzora pomeraja je dobra preciznost ali oni nisu pogodni za primenu u otežanim radnim uslovima.

Induktivni senzor pomeraja se sastoji od dva dela pokretnog i nepokretnog. Nepokretni deo ovog senzora, koji je izrađen u LTCC tehnologiji, čini induktor, dok je pokretni deo feritni štapić.

Razdvojeni prikaz 3D modela nepokretnog dela senzora prikazan je na slici 1 a), dok je na slici 1 c) prikazan pokretni feritni štapić.

Nepokretni deo senzora se sastoji od osam slojeva dielektrične LTCC trake, slika 1 a). Prvi i osmi sloj čine zaštitne slojeve koji imaju ulogu da zaštite provodne slojeve od uticaja sredine. Na prvom krajnjem desnom sloju, slika 1 a) nalaze se i otvori za pristup mernim kontaktima induktora. Na drugom i sedmom sloju nalaze se provodni slojevi u obliku slova „L“ na čijim se krajevima nalaze proširenja (stopice) radi boljeg električnog kontakta između provodnog sloja i vie koja ih spaja sa donjim odnosno gornjim slojem senzora. Na krajevima induktora na drugom sloju postavljeni su i merni kontakti. Na trakama koji čine slojeve od trećeg do šestog isečen je kanal celom dužinom senzora. Na ovim slojevima sa obe strane kanala nalaze se vie sa provodnim stopicama sa obe strane (gornje i donje) trake. Kada se svih osam slojeva sastave dobija se induktor koji je „obmotan“ oko mikro-kanala, slika 1 b).

Nepokretni deo senzora prikazan je na slici 1 c), a sastoji se iz dvanaest slojeva feritne LTCC trake i koji je po dimenzijama nešto manji (desetak μm po visini i širini) od mikro-kanala.

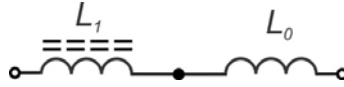


Slika 1. 3D model induktivnog senzora pomerača - razdvojeni prikaz a), 3D induktor bez keramičke podloge i feritni štapić koji po dimenzijama odgovara mikro-kanalu na stacionarnom delu c).

Kada se oba dela induktivnog senzora pomerača sastave odnosno kada se feritni štapić postavi u mikro-kanal dobija se struktura čija induktivnost zavisi od položaja feritnog štapića.

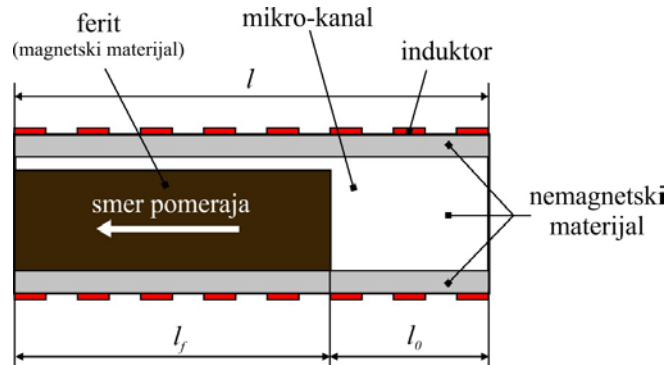
Teorijski model i simulacija

Prilikom razvijanja teoretskog modela induktivnog senzora pomerača induktor je modelovan po principu superpozicije kao dva redno vezana induktora od kojih jedan ima feritno jezgro (deo induktora oko dela kanala u kome se nalazi feritni štapić) dok drugi ima vazdušno jezgro (deo induktora oko dela kanala koji je ispunjen vazduhom), slika 2.



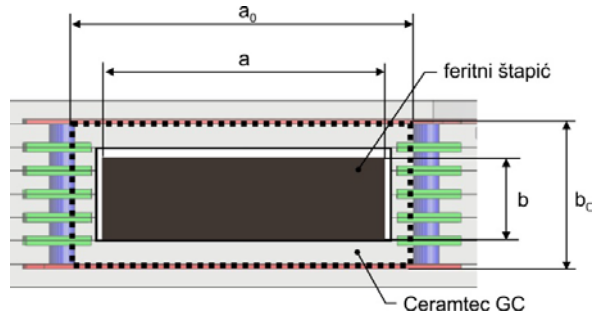
Slika 2. Ekvivalentna električna šema induktivnog senzora pomeraja.

Dužina dela mikro-kanala senzora koji je ispunjen feritnim štapićem označen je sa l_f , dok deo mikro-kanala u kome se ne nalazi feritni štapić odnosno koji je ispunjen nemagnetnim materijalom označen je sa l_0 a ukupna dužina mikro-kanala koja je okružena induktorom sa l , slika 3.



Slika 3. Poprečni presek senzora po dužini mikro-kanala.

U delu senzora u kojem se nalazi feritni štapić za određivanje induktivnosti tog dela induktora potrebno je posmatrati bočni poprečni presek. Sa slike 4. se može videti da je oblast koju obuhvata induktor (provodni slojevi označeni crvenom, plavom i zelenom bojom) ispunjena jednim delom feritnim materijalom a delom dielektričnim materijalom (CeramTec GC i vazduh imaju istu permeabilnost $\mu_r=1$).



Slika 4. Poprečni presek induktivnog senzora pomeraja po širini mikro-kanala u delu sa feritnim štapićem.

Od ukupnog broja navoja induktora N u zavisnosti od položaja štapića ovaj deo ima N_1 dok se u delu u kome se ne nalazi feritni štapić nalazi N_0 navoja odnosno ukupan broj navojaka induktora se može napisati kao

$$N = N_1 + N_0. \quad (1)$$

Induktivnost induktora za deo u kome se nalazi feritni štapić može se napisati kao

$$L_1 = \frac{N_1 \Phi_1}{I}. \quad (2)$$

U ovom slučaju površina kroz koju prolazi fluks se mora posmatrati kao dve različite površine zbog različitih materijala tako da postoji površina koja obuhvata samo feritni materijal i ona se može napisati (sa slike 4) kao

$$S_f = ab, \quad (3)$$

dok se površina koja obuhvata samo dielektrični materijal može napisati kao

$$S_d = S_0 - S_f = a_0 b_0 - ab. \quad (4)$$

Na osnovu jednačina za površinu može se napisati da je fluks u ovom delu senzora jednak zbiru dva fluksa kroz dve površine odnosno

$$\Phi_1 = \Phi_f + \Phi_d = B_f S_f + B_d (S_d - S_f). \quad (5)$$

Uvrštavanjem jednačina (5) u jednačinu (2) dobija se izraz za induktivnost dela senzora sa feritom:

$$L_1 = \frac{N_1 \Phi_1}{I} = \frac{N_1}{I} [B_f S_f + B_d (S_d - S_f)]. \quad (6)$$

Na osnovu graničnih uslova važi da je tangencijalno magnetno polje u nemagnetnom materijalu (H_d) jednako tangencijalnom polju u feritu ($H_d = H_f = H_1$) tako da kada se u jednačinu (6) uvrsti izraz za magnetnu indukciju kroz feritni materijal

$$B_f = \mu_0 \mu_r H_1, \quad (7)$$

i izraz za magnetnu indukciju kroz nemagnetski materijal (dielektrik i vazduh)

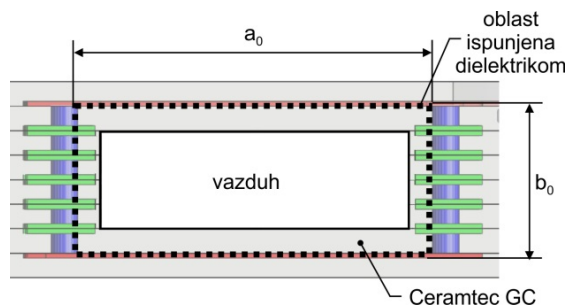
$$B_d = \mu_0 H_1, \quad (8)$$

dobija se izraz za induktivnost dela senzora u kome se nalazi feritni štapić

$$L_1 = \frac{N_1}{I} [\mu_0 \mu_r H_1 S_f + \mu_0 H_1 (S_d - S_f)] = \frac{N_1}{I} [\mu_0 \mu_r \frac{N_1 I}{l_f} S_f + \mu_0 \frac{N_1 I}{l_f} (S_d - S_f)]. \quad (9)$$

Uprošćavanjem jednačine (9) dobija se konačni izraz za induktivnost dela induktora u kome se nalazi feritni štapić i on glasi

$$L_1 = \mu_0 \frac{N_1^2}{l_f} [(\mu_r - 1)S_f + S_d]. \quad (10)$$



Slika 5. . Poprečni presek induktivnog senzora pomeraja po širini mikro-kanala u delu bez feritnog štapića.

U delu u kome nema ferita, slika 5, postoji samo dielektrični materijal koji nema magnetna svojstva tako izraz za induktivnost (L_0) tog dela induktora se može napisati kao

$$L_0 = \frac{N_0 \Phi_0}{I}. \quad (11)$$

Fluks u ovom delu senzora se može napisati kao

$$\Phi_0 = B_0 S_0 = \mu_0 H_0 S_0, \quad (12)$$

gde je jačina magnetnog polja H_0 data sa

$$H_0 = \frac{N_0 I}{l_0}. \quad (13)$$

Kada se jednačine (12) i (13) uvrste u jednačinu (11) nakon uprošćavanja dobija se konačni izraz za induktivnost dela senzora bez feritnog štapića i ona glasi

$$L_0 = \mu_0 \frac{N_0^2 S_0}{l_0}. \quad (14)$$

gde je l_0 dužina kanala u kome se ne nalazi feritni štapić a N_0 broj navojaka koji obuhvataju deo kanala bez feritnog štapića.

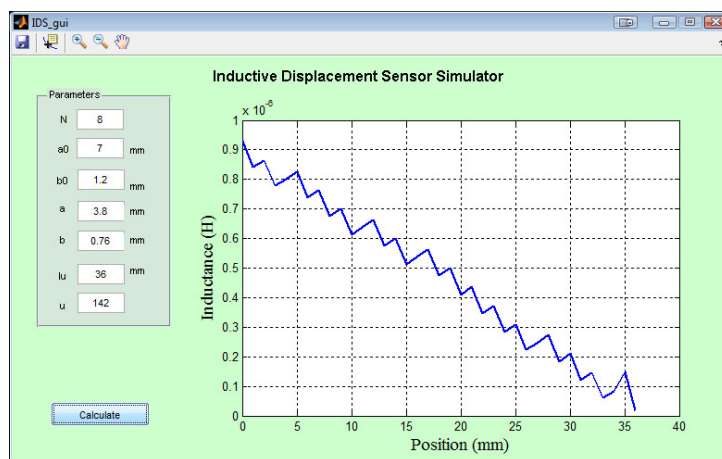
Zbog činjenice da je rastojanje između pojedinih navoja veliko i da delovi induktora prilikom superpozicije nisu na istom jezgru može se smatrati da je koeficijent sprege između L_1 i L_0 mali tako da se međusobna induktivnost može zanemariti. Uzimajući u obzir ovu činjenicu na osnovu ekvivalentne šeme koja je prikazana na slici 2 ukupna induktivnost senzora za svaki položaj ferinog štapića u mikro-kanalu se može napisati kao

$$L_s = L_1 + L_0, \quad (15)$$

odnosno ubacivanjem jednačine (10) i jednačine (14) u jednačinu (15) kao

$$L_u = \mu_0 \frac{N^2}{l} [(\mu_r - 1)S + S_0] + \mu_0 \frac{N_0^2 S_0}{l_0}. \quad (16)$$

Na osnovu teorijskog modela i izvedene jednačine za ukupnu induktivnost senzora realizovan je i programski alat IDSS (*Inductive Displacement Sensor Simulator*) za lakše i brže određivanje karakteristike ovakvog tipa senzora u zavisnosti od različitih parametara senzora. Na slici 6 prikazano je korisničko okruženje razvijenog programskog alata sa simulaciju induktivnog senzora pomeraja. Od ulaznih parametara mogu se zadati ukupan broj navoja induktora (N), širina (a_0) i visina (b_0) poprečnog preseka oblasti koju zahvata induktor, širina (a) i visina (b) poprečnog preseka oblasti koju zahvata feritni štapić, ukupnu dužinu mikro-kanala (l_u) i permeabilnost feritnog materijala od koga je izrađen feritni štapić.

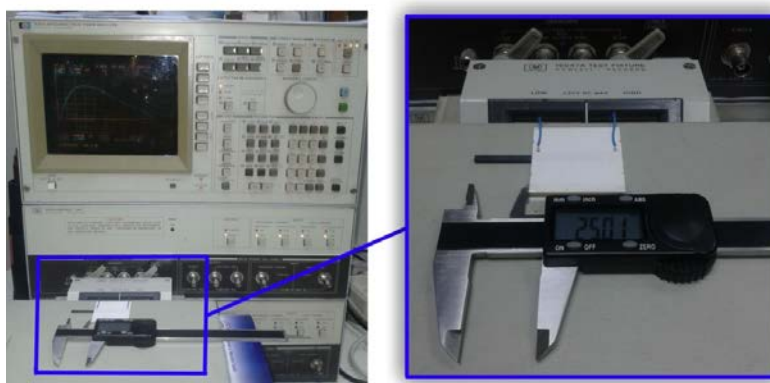


Slika 6. Izgled korisničkog okruženja za simulaciju induktivnog senzora pomeraja.

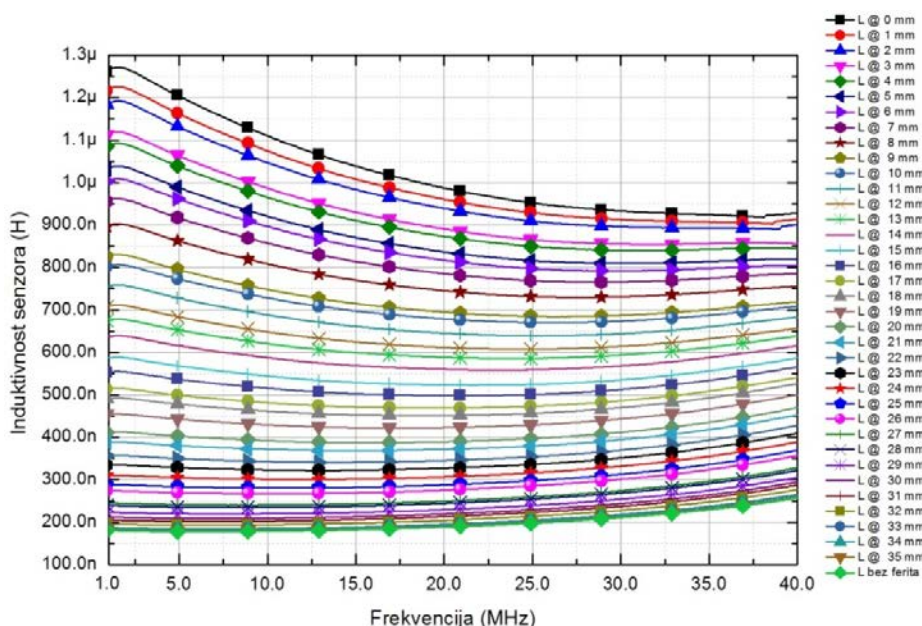
Nakon unosa potrebnih parametara i pritiska tastera „Calculate“ program daje grafički prikaz karakteristike senzora i to induktivnost u zavisnosti od položaja feritnog štapića. Proračunate rezultate je moguće sačuvati i tabelarno u posebnoj .xls datoteci. Kao što se može videti sa slike 6 kao karakteristika senzora dobija se „cik-cak“ karakteristika. Ovakav grafički prikaz se dobija zbog aproksimacije broja navoja (N_I) dela induktora koji se nalazi oko dela kanala u kome se nalazi feritni štapić odnosno preostalog dela navoja (N_O) od ukupnog broja navoja gde se ne nalazi feritni štapić. Aproksimaciju je neophodno izvršiti zbog mogućeg položaja feritnog štapića između dva navoja npr. ako je položaj štapića takav da obuhvata tri cela navoja a njegov kraj se nalazi na trećini rastojanja između kraja trećeg navoja i početka četvrtog navoja približno se uzima da se oko feritnog štapića nalazi tri navoja.

Eksperimentalna karakterizacija i rezultati merenja

Induktivni senzor pomeraja okarakterisan je korišćenjem analizatora impedanse HP 4194A i preciznim, digitalnim pomičnim merilom, slika 11. Pomeranje dielektričnog štapića odnosno njegov položaj u odnosu na ivicu senzora određivan je digitalnim kljunastim pomičnim merilom i za svaki položaj feritnog štapića izmerena je induktivnost senzora.

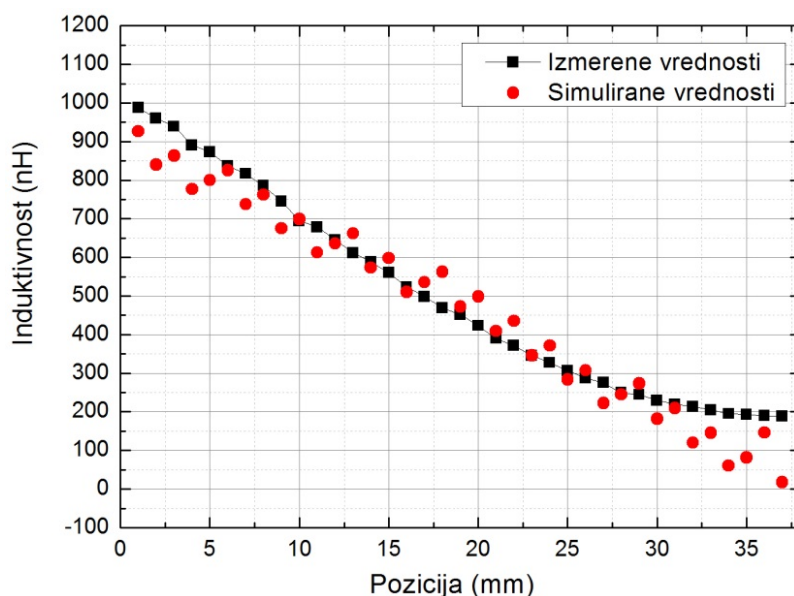


Slika 7. Merna postavka za karakterizaciju induktivnog senzora pomeraja.



Slika 8. Promena induktivnosti u zavisnosti od frekvencije i položaja feritnog štapića u mikro kanalu.

Karakteristike senzora merene su u frekventnom opsegu od 1 MHz do 40 MHz sa korakom pomeraja od 1 mm. Na slici 8 prikazane su dobijene karakteristike gde je sa „L@ 0 mm“ označen položaj kada štapić u potpunosti ispunjava mikro-kanal, a sa „L bez ferita“ induktivnost senzora kada je feritni štapić u potpunosti izvađen iz mikro-kanala.



Slika 9. Induktivnost senzora u zavisnosti od položaja feritnog štapića u mikro-kanalu simulirane i izmerene vrednosti.

Izmerena karakteristika senzora odnosno zavisnost induktivnosti od položaja feritnog štapića unutar mikro-kanala na sredini frekvencijskog opsega (20 MHz) prikazana je na slici 9 (označena kvadratima crne boje). Kako bi se proverila ispravnost teorijskog modela na istom grafiku, slika 9, prikazana je i karakteristika senzora koja je dobijena simulacijom u razvijenom programskom alatu IDSS (označena krugovima crvene boje). Vrednost permeabilnosti feritnog štapića u simulaciji uzeta je za feritni materijal sinterovan na 1100 °C i ona na 20 MHz iznosi 142. Poređenjem ova dva grafika sa slike 9 može se videti da postoje male razlike koje se mogu objasniti dodatnom induktivnošću zalemljenih mernih kontakta kao i predhodno spomenuto zaokruživanje broja navoja u okviru programskog alata IDSS.

Mogućnosti predstavljenog tehničkog rešenja

U ovom tehničkom rešenju je prikazano projektovanje i karakterizacija prototipa induktivnog senzora pomeraja izrađenog u LTCC tehnologiji. Induktivni senzor pomeraja se sastoji od dva dela: nepokretnog dela na kom se nalazi induktor obmotan oko mikro-kanala dok je pokretni deo u ovom slučaju feritni štapić. Nepokretni deo senzora izrađen je od osam slojeva LTCC traka CeramTec GC. Induktor oko mikro-kanala realizovan je preko provodnih linija na drugom i sedmom sloju nepokretnog dela senzora koje su spojene preko via na četiri središnja sloja čineći na taj način induktor koji je obmotan oko kanala. Feritni štapić je izrađen od feritne trake ESL 40012 i sinterovan na temperaturi od 1100 °C kako bi se postigla što veća permeabilnost. Eksperimentalnim karakterizacijom ovog senzora utvrđeno je da senzor ima veliku osetljivost reda milimetra.

Pokazano je da se za svaki pomeraj od 1 mm induktivnost promeni za približno 30 nH u opsegu od ~ 1000 nH (kanal ispunjen feritnim štapićem) do ~ 190 nH (feritni štapić je u potpunosti izvađen iz mikro-kanala).

Prototip induktivnog senzora pomeraja u LTCC tehnologiji je razvijen na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu i Institutu za senzorske i aktuatorске sisteme u Beču, Austrija u okviru tekućeg tehnološkog projekta br. TR-32016 kod Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

Štampano –2015.



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

ИНТЕГРИСАН
СИСТЕМ
МЕНАџМЕНТА
СЕРТИФИКОВАН ОД:



Наш број: _____

Ваш број: _____

Датум: 2015-11-26

ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научног већа Факултета техничких наука у Новом Саду, на 1. редовној седници одржаној дана 01.10.2015. године, донело је следећу одлуку:

-непотребно изостављено-

Тачка 12.2.8: У циљу верификације новог техничког решења предлажу се рецензенти:

- Др Владимир Срдих, Технолошки факултет у Новом Саду
- Др Зоран Јакшић, ИХТМ Универзитет у Београду

ПРОТОТИП ИНДУКТИВНОГ СЕНЗОРА ПОМЕРАЈА У LTCC ТЕХНОЛОГИЈИ

Аутори: Нелу Блаж, Андреа Марић, Љиљана Живанов, Горан Радосављевић

-непотребно изостављено-

Записник водила:

Јасмина Димић, дипл. правник

Тачност података оверава:
Секретар

Иван Нешковић, дипл. правник

Декан

Проф. др Раде Дорословачки

RECENZIJIA PREDLOŽENOG TEHNIČKOG REŠENJA

Predmet: Mišljenje o ispunjenosti kriterijuma
za pisanje tehničkog rešenja

Prototip:

Prototip induktivnog senzora pomeraja u LTCC tehnologiji

Broj projekta: TR 32016

Rukovodilac projekta: prof. dr Ljiljana Živanov

Odgovorno lice: Nelu Blaž

Autori: Nelu Blaž, Andrea Marić, Ljiljana Živanov,
Fakultet tehničkih nauka (FTN), Novi Sad;
Goran Radosavljević,
Institut za senzorske i aktuatorске sisteme, Beč, Austrija

Razvijeno: u okviru projekta tehnološkog razvoja TR 32016

Godina: 2015

Primena: 01.11.2015.

Realizatori: Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Korisnici: Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Institut za senzorske i aktuatorске sisteme, Beč, Austrija, Institut za multidisciplinarna istraživanja, Beograd; IRITEL A.D., Beograd.

Podtip rešenja: M 85 – Prototip.

Obrazloženje

Detekcija linearnog pomeraja u ravni je od interesa za mnoge oblasti kao što su procesna industrija i industrija generalno, medicina, robotika i sl.

U ovom tehničkom rešenju je prikazan prototip induktivnog senzora pomeraja izrađenog u LTCC tehnologiji. Novina se ogleda u tome što se radi o prvom prototipu ovakve vrste senzora u potpunosti izrađenom primenom LTCC tehnologije. Izrada senzora u ovoj tehnologiji omogućava njegovu primenu u otežanim uslovima rada kao što su visoke temperature, povećana vlažnost i sl. Za prototip induktivnog senzora pomeraja formiran je teorijski model koji je implementiran u razvijeni programski alat. Prikazani programski alat omogućava brzo i precizno određivanje očekivane induktivnosti senzora za zadati položaj feritnog štapića.

U tehničkom rešenju je opisan i postupak izrade prototipa induktivnog senzora pomeraja sa objašnjenjima za ključne korake u postupku fabrikacije u LTCC tehnologiji.

Karakterizacija dobijenog prototipa induktivnog senzora pomeraja urađena je je analizatorom impedanse HP4194A. Postupak karakterizacije je sproveden tako što su autori preciznim pomičnim merilom odredili položaj feritnog štapića, da bi potom pomoću analizatorom impedanse izmerili induktivnost senzora u celokupnom frekventnom opsegu instrumenta. Na osnovu dobijenih mernih rezultata određena je karakteristika senzora na sredini merenog frekventnog opsega, odnosno na 20 MHz.

Karakteristika induktivnog senzora pomeraja dobijena iz eksperimentalnih rezultata je u saglasnosti sa karakteristikom senzora dobijene pomoću programskog alata, čime su istovremeno potvrđene performanse dobijenog prototipa, ali i validnost razvijenog teorijskog modela.

Novi prototip induktivnog senzora pomeraja u LTCC tehnologiji razvijen je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, u okviru tekućeg projekta br. TR32016 kod Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

**U Beogradu,
22. 10. 2015.**

Recenzent:



dr Zoran Jakšić,
naučni savetnik

Institut za hemiju, tehnologiju
i metalurgiju – IHTM,
Univerzitet u Beogradu

RECENZIJA PREDLOŽENOG TEHNIČKOG REŠENJA

Predmet: Mišljenje o ispunjenosti kriterijuma
za pisanje tehničkog rešenja

Prototip:

Prototip induktivnog senzora pomeraja u LTCC tehnologiji

Broj projekta: TR 32016

Rukovodilac projekta: prof. dr Ljiljana Živanov

Odgovorno lice: Nelu Blaž

Autori: Nelu Blaž, Andrea Marić, Ljiljana Živanov,
Fakultet tehničkih nauka (FTN), Novi Sad;
Goran Radosavljević,
Institut za senzorske i aktuatorске sisteme (ISAS), Beč, Austrija

Razvijeno: u okviru projekta tehnološkog razvoja TR 32016

Godina: 2015

Primena: 01.11.2015.

Realizatori: Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Korisnici: Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Institut za senzorske i aktuatorске sisteme, Beč, Austrija, Institut za multidisciplinarna istraživanja, Beograd; IRITEL A.D., Beograd.

Podtip rešenja: M85 – Prototip.

Obrazloženje

Razvijen je prototip induktivnog senzora pomeraja. Prototip je zasnovan na induktoru koji je obmotan oko feritnog štapića. Prilikom pomeranja feritnog štapića u ravni dolazi do promene induktivnosti u zavisnosti od trenutnog položaja štapića. Za dati prototip razvijen je teorijski model i izvedene su jednačine za određivanje induktivnosti senzora u odnosu na trenutni položaj feritnog štapića. Na osnovu dobijenog teorijskog modela razvijen je i programski alat koji omogućava određivanje induktivnosti senzora u zavisnosti od mogućih položaja štapića. Programski alat takođe omogućava promenu različitih parametara senzora radi postizanja što bolje karakteristike senzora.

Prototip senzora izrađen je u LTCC tehnologiji. U tehničkom rešenju prikazan je 3D model u kojem su predstavljeni svi slojevi potrebni za realizaciju ovog senzora u prethodno pomenutoj tehnologiji. Induktivni senzor pomeraja se sastoji od dva dela pokretnog i nepokretnog. Nepokretni deo ovog senzora čini dielektrična osnova na kojoj je izrađen solenoidni induktor, dok je pokretni deo feritni štapić. Nepokretni deo senzora se sastoji od

osam slojeva LTCC traka. Prvi i osmi sloj čine zaštitne slojeve. Na prvom sloju nalaze se i otvori za pristup mernim kontaktima induktora. Na drugom i sedmom sloju nalaze se provodni slojevi u obliku slova „L“ na čijim se krajevima nalaze proširenja radi boljeg električnog kontakta između provodnog sloja i vie koja ih spaja sa donjim odnosno gornjim slojem senzora. Na krajevima induktora na drugom sloju postavljeni su i merni kontakti. Na trakama koji čine slojeve od trećeg do šestog isečen je kanal celom dužinom senzora. Na ovim slojevima sa obe strane kanala nalaze se vie sa provodnim stopicama sa obe strane (gornje i donje) trake. Kada se svih osam slojeva sastave dobija se induktor koji je „obmotan“ oko mikro-kanala. Nepokretni deo senzora se sastoji iz dvanaest slojeva feritne LTCC i koji je po dimenzijama malo manji (desetak μm po visini i širini) od mikro-kanala. Dimenzije prototipa senzora pomeraja fabrikovanog u LTCC tehnologiji su 40,8 mm x 40,5 mm.

Senzor je eksperimentalno okarakterisan i dobijeni rezultati poređeni su sa rezultatima simulacija. Prilikom pomenutog poređenja utvrđeno je dobro slaganje eksperimentalnih i simuliranih rezultata čime je potvrđena validnost razvijenog teorijskog modela. Takođe, analizom dobijenih eksperimentalnih rezultata utvrđeno je da pomeraj feritne šipke od 1 mm odgovara promeni induktivnosti senzora za 22,8 nH što odgovara osetljivosti senzora od 22,8 nH/mm. Zbog specifične konstrukcije senzor je moguće primeniti pre svega u otežanim radnim uslovima (povećane temperature, velike vlažnosti i sl.) a gde je potrebna detekcija pomeraja reda milimetar ili više.

Novi prototip induktivnog senzora pomeraja u LTCC tehnologiji razvijen je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, u okviru tekućeg projekta br. TR32016 kod Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

**U Novom Sadu,
20.10.2015.**

Recenzent:



Dr Vladimir Srdić

Tehnološki fakultet, Novi Sad



УНИВЕРЗИТЕТ
У НОВОМ САДУ



ФАКУЛТЕТ
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

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

ИНТЕГРИСАНИ
СИСТЕМИ
МЕНАДЖМЕНТА
СЕРТИФИКОВАНО ОД:



Наш број: 01.сл

Ваш број:

Датум: 2015-11-26

ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научно веће Факултета техничких наука у Новом Саду, на 5. редовној седници одржаној дана 25.11.2015. године, донело је следећу одлуку:

-непотребно изостављено-

ТАЧКА 17. Питања научноистраживачког рада и међународне сарадње

Тачка 17.2.: На основу позитивног извештаја рецензената верификује се техничко решење под називом:

17.2.8. Назив техничког решења:

ПРОТОТИП ИНДУКТИВНОГ СЕНЗОРА ПОМЕРАЈА У LTCC ТЕХНОЛОГИЈИ

Аутори: Нелу Блаж, Андреа Марић, Љиљана Живанов, Горан Радосављевић

-непотребно изостављено-

Записник водила:

Јасмина Димић, дипл. правник

Тачност података оверава:
Секретар

Иван Нешковић, дипл. правник

Декан



Проф. др Раде Дорословачки