



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
МЕНАџМЕНТА
СЕРТИФИКОВАН ОД:



Наш број: 01.сл

Ваш број:

Датум: 2016-12-07

ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научно веће Факултета техничких наука у Новом Саду, на 26. редовној седници одржаној дана 30.11.2016. године, донело је следећу одлуку:

-непотребно изостављено-

ТАЧКА 11. Питања научноистраживачког рада и међународне сарадње

Тачка 11.11.: На основу позитивног извештаја рецензената верификује се техничко решење (М85) под називом:

"ОДРЕЂИВАЊЕ ТИПА БАКТЕРИЈА У ФИЗИОЛОШКОМ РАСТВОРУ КОРИШЋЕЊЕМ ИНТЕРДИГИТАЛНОГ КАПАЦИТИВНОГ СЕНЗОРА"

Аутори техничког решења: Милан Радовановић, Драгана Васиљевић, Сања Којић, Ана Тадић, Бојана Пиваш, Деана Медић, Синиша Мирковић.

-непотребно изостављено-

Записник водила:

Јасмина Димић, дипл. правник

Тачност података оверава:
Секретар

Иван Нешкович, дипл. правник



Декан

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
МЕНАДЖМЕНТА
СЕРТИФИКОВАН ОД:



Наш број: 01-сл

Ваш број:

Датум: 2016-11-03

ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научно веће Факултета техничких наука у Новом Саду, на 25. редовној седници одржаној дана 26.10.2016. године, донело је следећу одлуку:

-непотребно изостављено-

ТАЧКА 10. Питања научноистраживачког рада и међународне сарадње

Тачка 10.2.14: У циљу верификације новог техничког решења усвајају се рецензенти:

- Проф. др Милорад Божић, Електротехнички факултет, Универзитет у Бањалуци
- Доц. др Мирко Т. Милојковић, Електронски факултет, Универзитет у Нишу

Назив техничког решења:

**"ОДРЕЂИВАЊЕ ТИПА БАКТЕРИЈА У ФИЗИОЛОШКОМ РАСТВОРУ
КОРИШЋЕЊЕМ ИНТЕРДИГИТАЛНОГ КАПАЦИТИВНОГ СЕНЗОРА"**

Аутори техничког решења: Милан Радовановић, Драгана Васиљевић, Сања Којић, Ана Тадић, Бојана Пиваш, Деана Медић, Синиша Мирковић.

-непотребно изостављено-

Записник водила:

Јасмина Димић, дипл. правник

Тачност података оверава
Секретар

Иван Нешковић, дипл. правник



Декан

Проф. др Раде Дорословачки

Nova metoda: Određivanje tipa bakterija u fiziološkom rastvoru korišćenjem interdigitalnog kapacitivnog senzora

Rukovodilac projekta: dr Tatjana Puškar

Odgovorno lice: dr Milan Radovanović

Autori: Milan Radovanović, Dragana Vasiljević, Sanja Kojić, Ana Tadić, Bojana Pivaš, Deana Medić, Siniša Mirković

Razvijeno: U okviru projekta „Unapređenje terapije oboljenja orofacijalnog sistema kroz razvoj savremenih dijagnostičkih metoda za detekciju okluzalnih opterećenja“ broj projekta 114-451-833/2015-01, finansiran od strane Pokrajinskog sekretarijata za visoko obrazovanje i naučnoistraživačku delatnost

Godina: 2016.

Kratak opis

Sistem za određivanje tipa bakterija u fiziološkom rastvoru sastoji se od: interdigitalnog kapacitivnog senzora (IDC) i instrumenta *Impedance Analyzer*. IDC senzor je proizveden u PCB (*Printed Circuit Board*) tehnologiji, i sastoji se od dva para učešljanih elektroda. Senzor se postavlja u test uzorak koji se nalazi u epruveti, prisustvo određenog tipa bakterija određuje na osnovu promene kapacitivnosti IDC senzora. Kao material za testiranje korišćeni su humani izolati *Enterococcus*, *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus viridans*, *Streptococcus pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae* i *Candida albicans*. Za merenja se koristi instrument RF Impedance Analyzer HP-4194A.

Tehničke karakteristike:

Radna temperatura: od 0 °C do 40 °C

Tipovi test materijala: *Enterococcus*, *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus viridans*, *Streptococcus pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae* i *Candida albicans*

Komponente sistema: IDC senzor, material za testiranje, Impedance Analyzer

Tehničke mogućnosti:

Ova metoda omogućava detekciju različitih tipova bakterija u fiziološkom rastvoru kao što su: *Enterococcus*, *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus viridans*, *Streptococcus pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae* i *Candida albicans* primenom jednostavnog IDC senzora.

Realizator:

Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Katedra za elektroniku, Medicinski fakultet,

Stanje u svetu

Mikroorganizmi, iako stari 3,5 milijarde godina, još uvek su nedovoljno istraženi, pre svega zbog svoje velike sposobnosti "menjanja". Oni menjaju svoje osobine, povećavaju virulentnost i patogeni potencijal. Upravo zbog svega ovoga, njihovo prepoznavanje i dokazivanje je i dalje veliki izazov. Bakterije imaju veliki potencijal deobe i za 24 sata izmene 100 generacija, a na taj način steknu i neke nove osobine gde se pre svega misli na njihovu otpornost. *Streptococcus pneumonia*, *Streptococcus agalactae*, *Streptococcus viridans*, *Enterococcus*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* i *Klebisella pneumoniae* su najčešći uzročnici bolesti kao što su bakterijemija, meningitis, ozbiljne infekcije kod novorođenčadi, infekcije u bolnicama, endocarditis, stvaranje zubnog karijesa, urinarnе infekcije, itd. Sve navedene vrste pripadaju rodu bakterija. *Candida* pripada rodu gljivica, a najpoznatiji predstavnik je *Candida albicans* koja je deo normalne flore kože, usne duplje, ždrela, digestivnog i urogenitalnog trakta. Međutim, ona je najčešći uzročnik humanih oboljenja. Smatra se komenzalom, ali i uzročnikom lokalnih infekcija kože i sluzokože, od kojih je oralna kandidijaza najčešća, do sistemskih infekcija kada su zahvaćeni različiti organi i tkiva. Neracionalna i dugotrajna upotreba antibiotika širokog spektra je pored plasiranih katetera jedan od najčešćih razloga za nastanak ovih infekcija.

Brzo otkrivanje bakterija iz bioloških uzoraka je glavni cilj u zdravstvu, zaštiti hrane i praćenju životne sredine. Dva do sada najčešće korišćena metoda su:

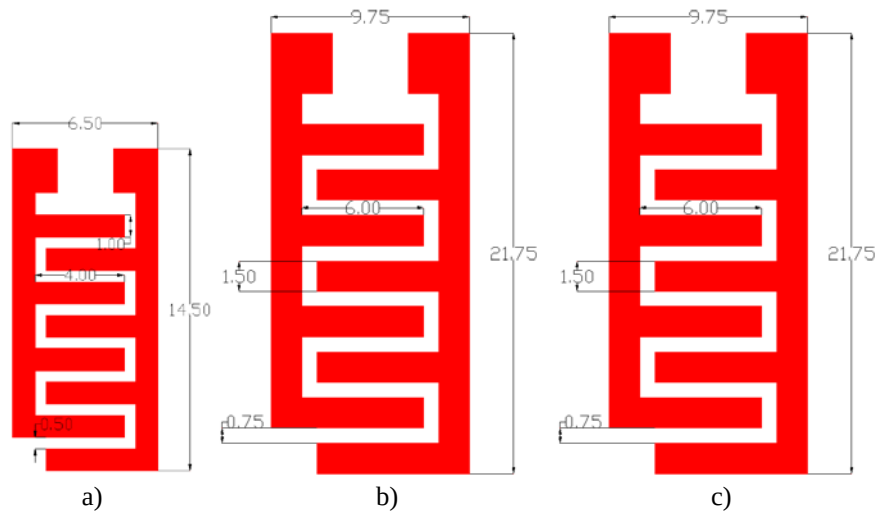
1. Tradicionalni način izdvajanja bakterija biohemijskom identifikacijom i
2. Reakcija polimeraznim lancem.

Prvi način zahteva dosta vremena, dok drugi zahteva skupu opremu i obuku specijalizovanog osoblja.

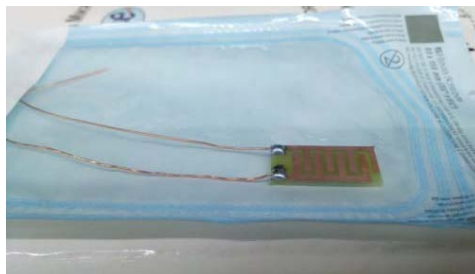
Princip rada i metoda merenja

Princip rada senzora

Senzori su fabrikovani u PCB (*Printed Circuit Board*) kao inderdigitalni kondenzatori sa različitim brojem elektroda. Fabrikovane su tri različite veličine senzora istog dizajna, kao što je prikazano na Slici 1a, 1b i 1c, respektivno ka njihovim veličinama.



Slika 1 – a) Dizajn Senzor 1, b) Senzor 2 i c) Senzor 3 (sve dimenzije su u mm)

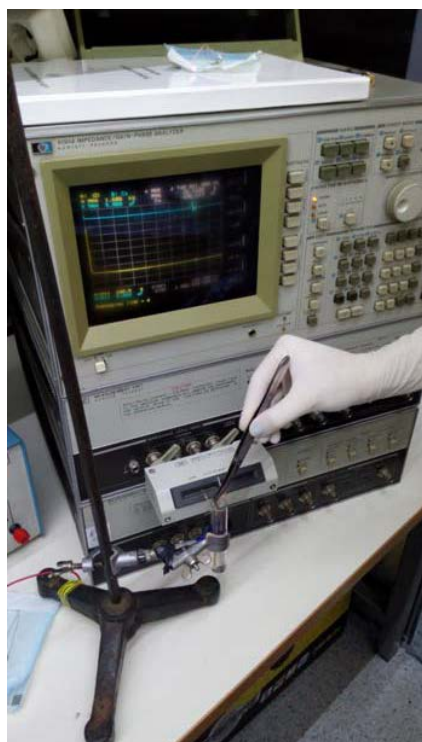


Slika 2 - Senzor nakon stavljanja kontakata i sterilizacije

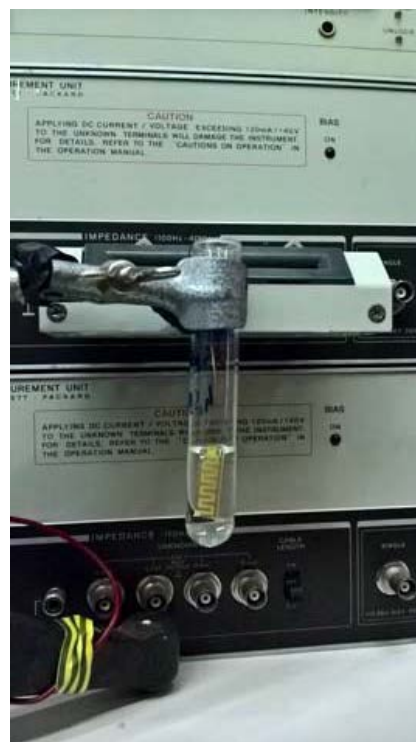
Nakon fabrikacije napravljeni su kontakti na svakom senzoru i svi senzori su medicinski sterilisani da bi se izbeglo prisustvo bilo kakvih mogućih nečistoća koje bi narušile tačnost merenja. Jedan od senzora nakon pravljenja kontakata i sterilisanja, zapakovan u sterilnu foliju je prikazan na Slici 2.

Metoda merenja

Merenja su izvršena korišćenjem laboratorijski razvijene postavke, prikazane na Slici 3a, koji se sastoji od sterilne epruvete napunjene materijalom za testiranje, držača epruvete i instrumenta *Impedance Analyzer HP4194A* (analizatora impedanse) priključenog na računar. Kao što se može videti na Slici 3b senzor je postavljen unutar rastvora u epruveti i priključen na analizator impedanse.



a)

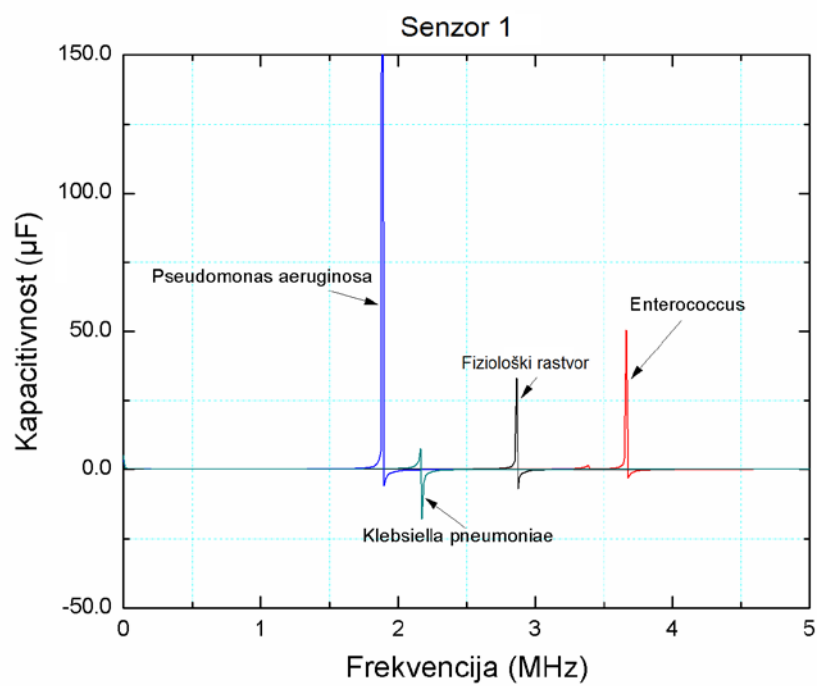


b)

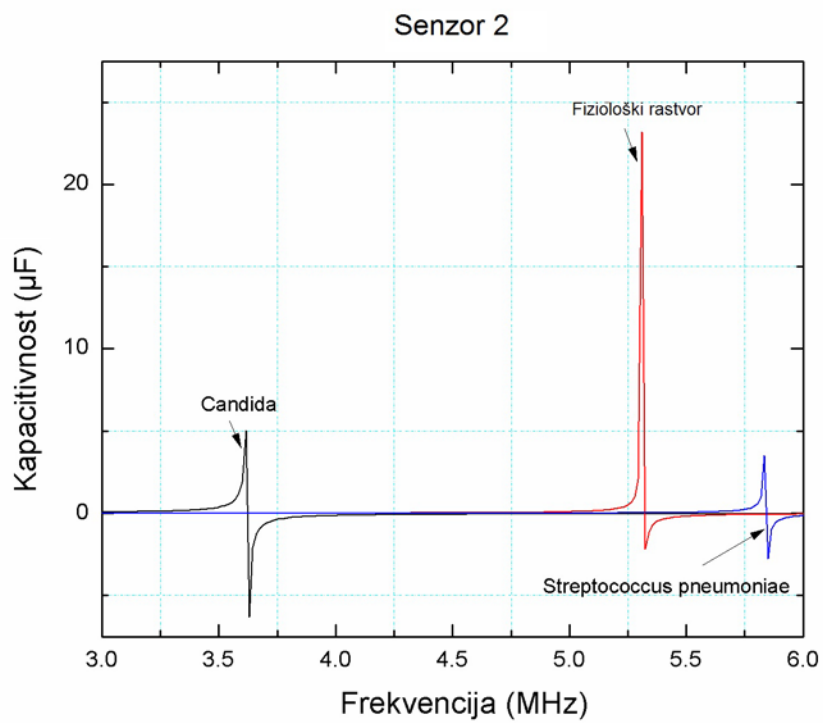
Slika 3 – a) Eksperimentalna postavka za određivanje tipa bakterija pomoću IDC senzora; b) IDC senzor potopljen u epruvetu sa test uzorkom

Kao materijal za testiranje korišćeni su humani izolati *Enterococcus*, *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus viridans*, *Streptococcus pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae* i *Candida albicans* napravljeni od materijala koji su rutinski stizali na obradu u Centar za mikrobiologiju, Instituta za javno zdravlje Vojvodine. Od kolonija 24-časovnih kultura na krvnom agaru (HiMedia, India) za pobrojane bakterije, kao i od kolonija na Sabouraud dekstroznom agaru (HiMedia, India) za gljivice, u sterilnim epruvetama, pravljene su suspenzije u fiziološkom rastvoru zapremine 4,5 ml, gustine 0,5 McF po EUCAST standard.

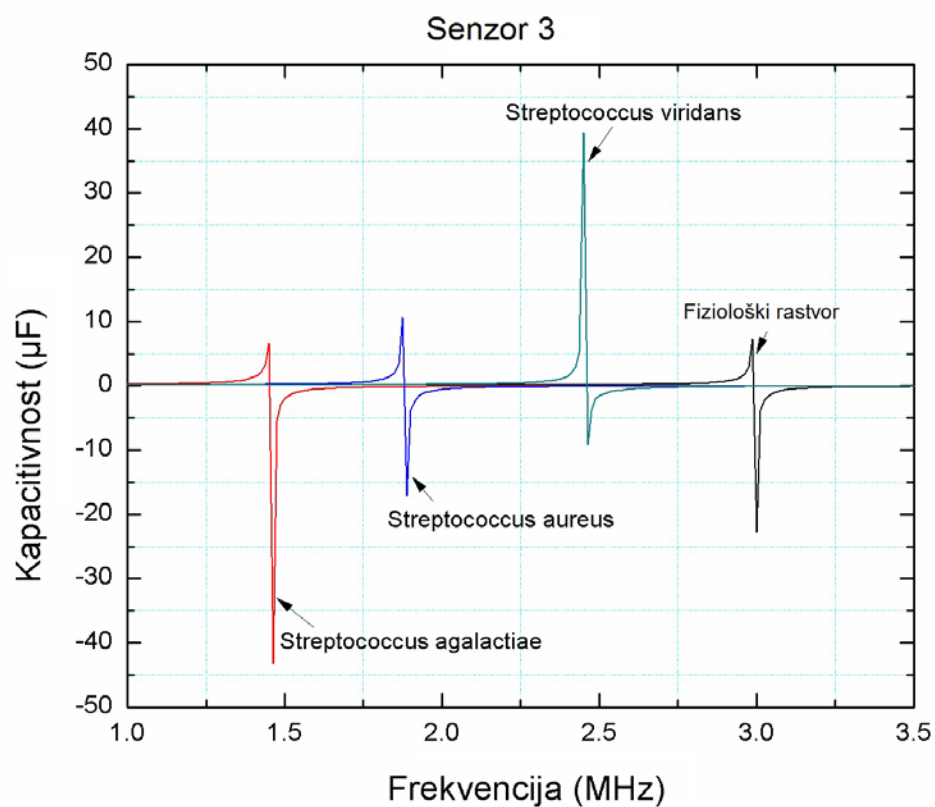
Merenja su izvršena za svih 7 bakterija, za Candid-u, kao i za čist fiziološki rastvor kao referentni uzorak, i merena je kapacitivnost u zavisnosti od frekvencije. Za *Enterococcus*, *Pseudomonas aeruginosa* i *Klebsiella pneumonia* korišćen je Senzor 1. Za *Candida* i *Streptococcus pneumonia* korišćen je Senzor 2, dok je za *Streptococcus agalactiae*, *Staphylococcus aureus* i *Streptococcus viridans* korišćen Senzor 3. Slika 4 prikazuje rezultate merenja kapacitivnosti u zavisnosti od frekvencije za Senzor 1. Kao što se sa slike može videti svaka bakterija, kao i fiziološki rastvor imaju svoju sopstvenu rezonantnu frekvenciju koja ih čine međusobno lako prepoznatljivim. Slika 5 prikazuje rezultate merenja kapacitivnosti u zavisnosti od frekvencije za Senzor 2, dok Slika 6 prikazuje rezultate merenja kapacitivnosti u zavisnosti od frekvencije za Senzor 3. Kao i Senzor 1, i Senzor 2 i 3 pokazuju odličnu sposobnost razlikovanja bakterija jedne od drugih, zahvaljujući samo njihovim rezonantnim frekvencijama.



Slika 4 – Promena kapacitivnosti Senzora 1



Slika 5 – Promena kapacitivnosti Senzora 2



Slika 6 – Promena kapacitivnosti Senzora 3

Tabela 1. Rezonantne frekvencije za različite bakterije i veličine senzora

Disperzija	Rezonantna frekvencija (MHz)		
	Senzor 1	Senzor 2	Senzor 3
Fiziološki rastvor	2.86	5.31	2.99
<i>Enterococcus</i>	3.67	-	-
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1.88	-	-
<i>Klebisella pneumoniae</i>	2.16	-	-
<i>Candida</i>	-	3.62	-
<i>Streptococcus pneumoniae</i>	-	5.84	-
<i>Streptococcus agalactiae</i>	-	-	1.45
<i>Streptococcus aureus</i>	-	-	1.88
<i>Streptococcus viridans</i>	-	-	2.45

Kao što se može videti iz Tabele 1 svaka bakterija, kao i *Candida* imaju sopstvene rezonantne frekvencije pomoću kojih se mogu lako identifikovati. U slučaju Senzora 1 i Senzora 3

ove vrednosti su približnije, nego za slučaj sa Senzorom 2, što može biti posledica dizajna senzora 1 i 3 koji su sličniji, dok je kod Senzora 2 razmak između elektroda veći.

Na ovaj način rezonantne frekvencije bakterija i *Candide* su poznate vrednosti i zahvaljujući tome nakon postavljanja senzora u okruženje, kao što je na primer usna duplja pacijenta, lako se može odrediti prisustvo određene vrste bakterije ili gljivice. Zahvaljujući tome duge i skupe analize biloškog materijala mogu biti izbegnute i tretman pacijenta može biti poboljšan.

Tehnički podaci

Primena:

Prikazani senzori su pokazali odličnu selektivnost ispitivanih mikroorganizama detektujući precizno njihove rezonantne frekvencije. Senzori se mogu koristiti za brzo, tačno i jeftino detektovanje prisustva bakterija u usnoj duplji pacijenta pomažući na taj način poboljšanje oralnog zdravlja cele ljudske populacije.

Tehničke karakteristike:

Radna temperatura: od 0 °C do 40 °C

Tipovi test materijala: *Enterococcus*, *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus viridans*, *Streptococcus pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae* i *Candida albicans*

Komponente sistema: IDC senzor, materijal za testiranje, Impedance Analyzer

Metoda za određivanje tipa bakterija u fiziološkom rastvoru korišćenjem interdigitalnog kapacitivnog senzora je razvijeno od strane Fakulteta tehničkih nauka i Medicinskog fakulteta iz Novog Sada u okviru projekta „Unapređenje terapije oboljenja orofacijalnog sistema kroz razvoj savremenih dijagnostičkih metoda za detekciju okluzalnih opterećenja“, broj projekta 114-451-833/2015-01, finansiran od strane Pokrajinskog sekretarijata za visoko obrazovanje i naučnoistraživačku delatnost

Štampano – Decembar 2016.

RECENZIJIA PREDLOŽENOG TEHNIČKOG RJEŠENJA

Predmet: Mišljenje o ispunjenosti kriterijuma za pisanje tehničkog rješenja

Nova metoda:

Određivanje tipa bakterija u fiziološkom rastvoru korišćenjem interdigitalnog kapacitivnog senzora

Broj projekta: „Unapređenje terapije oboljenja orofacijalnog sistema kroz razvoj savremenih dijagnostičkih metoda za detekciju okluzalnih opterećenja“ – Pokrajinski sekretarijat za visoko obrazovanje i naučnoistraživačku delatnost

Rukovodilac projekta: dr Tatjana Puškar,

Odgovorno lice: dr Milan Radovanović

Autori: Milan Radovanović, Dragana Vasiljević, Sanja Kojić, Ana Tadić, Bojana Pivaš, Deana Medić, Siniša Mirković

Razvijeno: U okviru projekta „Unapređenje terapije oboljenja orofacijalnog sistema kroz razvoj savremenih dijagnostičkih metoda za detekciju okluzalnih opterećenja“ – Pokrajinski sekretarijat za visoko obrazovanje i naučnoistraživačku delatnost

Godina: 2016

Primjena: 01.12.2016

Realizatori: Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Katedra za elektroniku, Medicinski fakultet, Univerziteta u Novom Sadu i Institut za javno zdravlje Vojvodine, Centar za mikrobiologiju.

Korisnici: Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Podtip rješenja: Nova metoda - M85

Obrazloženje

U današnjoj stomatologiji i medicini za primjenu određene antibiotske terapije potrebna je što brža analiza materijala. Kod klasične metode zasijavanja materijala taj postupak traje i po nekoliko dana što u nekim slučajevima može biti fatalno po bolesnika. Brza dijagnoza može poboljšati opšte zdravlje stanovništva što opet može imati veoma mnogo pozitivnih efekata.

Korišćena su tri tipa senzora koji su fabrikovani u PCB (*Printed Circuit Board*) tehnologiji kao interdigitalni kondenzatori različite geometrije. Mjerenja su vršena u laboratorijskim uslovima korišćenjem uređaja *Impedance Analyzer HP4194A*, računara koji je povezan na uređaj, sterilne

epruvete sa test uzorkom i sterilnog senzora. Pokazalo se da senzori imaju odličnu osjetljivost za različite tipove bakterija: *Enterococcus*, *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus viridans*, *Streptococcus pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae* kao i kod detekcije gljivica tipa *Candida albicans*.

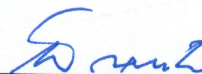
Opisana metoda se može koristiti za određivanje tipa bakterija i gljivica u fiziološkom rastvoru, radi brže i efikasnije analize materijala što može biti veliki doprinos u vremenu potrebnom za određivanje tipa bakterija ili gljivica u odnosu na klasičnu metodu.

Za električnu karakterizaciju senzora, odnosno mjerenje električnih karakteristika korišćen je *Impedance Analyzer* HP4194A, a na osnovu poznatog tipa bakterija u uzorcima, mjerena je promjena kapacitivnosti senzora u fiziološkom rastvoru sa bakterijama i gljivicama.

Na osnovu dostavljenog materijala, a u skladu sa odredbama Pravilnika o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata istraživača, koji je donio nacionalni savet za naučni i tehnološki razvoj Republike Srbije, recenzent ocjenjuje da rezultat odnosno rješenje pod nazivom: „Metoda za određivanje tipa bakterija u fiziološkom rastvoru korišćenjem interdigitalnog kapacitivnog senzora“, ispunjava uslove da bude priznat kao tehničko rješenje Nova metoda – ranga M85.

Metoda za određivanje tipa bakterija u fiziološkom rastvoru korišćenjem interdigitalnog kapacitivnog senzora razvijena je u saradnji Fakulteta tehničkih nauka, Medicinskog fakulteta i Instituta za javno zdravlje Vojvodine, u okviru tekućeg projekta „Unapređenje terapije oboljenja orofacijalnog sistema kroz razvoj savremenih dijagnostičkih metoda za detekciju okluzalnih opterećenja“ – Pokrajinski sekretarijat za visoko obrazovanje i naučnoistraživačku delatnost.

U Banjoj Luci, 29.12.2016.



Recenzent: dr Milorad Božić
Redovni profesor, Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u
Banjoj Luci

RECENZIJIA PREDLOŽENOG TEHNIČKOG REŠENJA

Predmet: Mišljenje o ispunjenosti kriterijuma za pisanje tehničkog rešenja

Nova metoda:

Određivanje tipa bakterija u fiziološkom rastvoru korišćenjem interdigitalnog kapacitivnog senzora

Broj projekta: 114-451-833/2015-01, finansiran od strane Pokrajinskog sekretarijata za visoko obrazovanje i naučnoistraživačku delatnost

Rukovodilac projekta: dr Tatjana Puškar,

Odgovorno lice: dr Milan Radovanović

Autori: Milan Radovanović, Dragana Vasiljević, Sanja Kojić, Ana Tadić, Bojana Pivaš, Deana Medić, Siniša Mirković

Razvijeno: U okviru projekta „Unapređenje terapije oboljenja orofacijalnog sistema kroz razvoj savremenih dijagnostičkih metoda za detekciju okluzalnih opterećenja“ – Pokrajinski sekretarijat za visoko obrazovanje i naučnoistraživačku delatnost

Godina: 2016

Primena: 01.12.2016

Realizatori: Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Katedra za elektroniku, Medicinski fakultet, Univerziteta u Novom Sadu i Institut za javno zdravlje Vojvodine, Centar za mikrobiologiju.

Korisnici: Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Podtip rešenja: Nova metoda - M85

Obrazloženje

Problem koji se tehničkim rešenjem rešava: Brzo otkrivanje bakterija iz bioloških uzoraka je glavni cilj u zdravstvu, zaštiti hrane i praćenju životne sredine. Dva do sada najčešće korišćena metoda su:

1. Tradicionalni način izdvajanja bakterija biohemijskom identifikacijom i
2. Reakcija polimeraznim lancem.

Prvi način zahteva dosta vremena, dok drugi zahteva skupu opremu i obuku specijalizovanog osoblja.

Stanje rešenosti tog problema u svetu: M. S. Mannoer i ostali su razvili pasivni bežični nanosenzor na bazi grafena sposoban za veoma osetljiva hemijska i biološka merenja, sa ograničenjima detektovanja do jedne bakterije, koji se bežično napaja i očitava. Tang i ostali su predstavili novu interdigitalnu matricu mikroelektroda-oksida-silicijum senzora (*IDAMOS - interdigitated array microelectrode-oxide*).

silicon) sa visokom osetljivošću i mogućnošću brzog detektovanja *Staphylococcus aureus*. Ong, Bitler, Grimes, Puckett i Bachas su predstavili daljinski upravljani štampani tanko/debeli sloj LC senzor za detekciju *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli* JM109, i *Pseudomonas putida* razvijenih u mleku, mesu i pivu.

Karakteristike predloženog rešenja: Senzori su fabrikovani u PCB (*Printed Circuit Board*) kao interdigitalni kondenzatori sa različitim brojem elektroda. Merenja su vršena korišćenjem laboratorijski razvijene postavke, koja se sastoji od sterilne epruvete napunjene materijalom za testiranje, držača epruvete i instrumenta *Impedance Analyzer HP4194A* (analizatora impedanse) priključenog na računar. Prikazani senzori su pokazali odličnu selektivnost ispitivanih mikroorganizama detektujući precizno njihove rezonantne frekvencije. Senzori se mogu koristiti za brzo, tačno i jeftino detektovanje prisustva bakterija u usnoj duplji pacijenta pomažući na taj način poboljšanje oralnog zdravlja cele ljudske populacije.

Zaključak: Na osnovu uvida u priloženu dokumentaciju, a u skladu sa odredbama Pravilnika o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata istraživača, koji je doneo nacionalni savet za naučni i tehnološki razvoj Republike Srbije, recenzent ocenjuje da rezultat odnosno rešenje pod nazivom: „Određivanje tipa bakterija u fiziološkom rastvoru korišćenjem interdigitalnog kapacitivnog senzora“, ispunjava uslove da bude priznat kao tehničko rešenje Nova metoda – ranga M85.

Metoda za određivanje tipa bakterija u fiziološkom rastvoru korišćenjem interdigitalnog kapacitivnog senzora razvijena je u saradnji Fakulteta tehničkih nauka, Medicinskog fakulteta i Instituta za javno zdravlje Vojvodine, u okviru tekućeg projekta „Unapređenje terapije oboljenja orofacijalnog sistema kroz razvoj savremenih dijagnostičkih metoda za detekciju okluzalnih opterećenja“ – Pokrajinski sekretarijat za visoko obrazovanje i naučnoistraživačku delatnost.

U Nišu, 14.12.2016.



Recenzent: dr Marko Milojković
Docent, Elektronski fakultet u Nišu, Univerzitet u Nišu