



Academia Oamenilor de Știință din România
Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași, România
“AOSR-TEAMS” Ediția 2022-2023



***Evaluarea capacității de eletromanipulare
dielectroforetica și caracterizare electrică a celulelor
biologice cu ajutorul microelectrozilor interdigitati
imprimați integral
(Acronim: uBioDEP)***

Raport de activitate intermediar I

Director de proiect:
Dr. Marius Andrei OLARIU

Echipa de cercetare:
ACS dr. Ina ȚURCAN
Drd. Tudor-Alexandru FILIP
Drd. Thomas-Gabriel SCHREINER

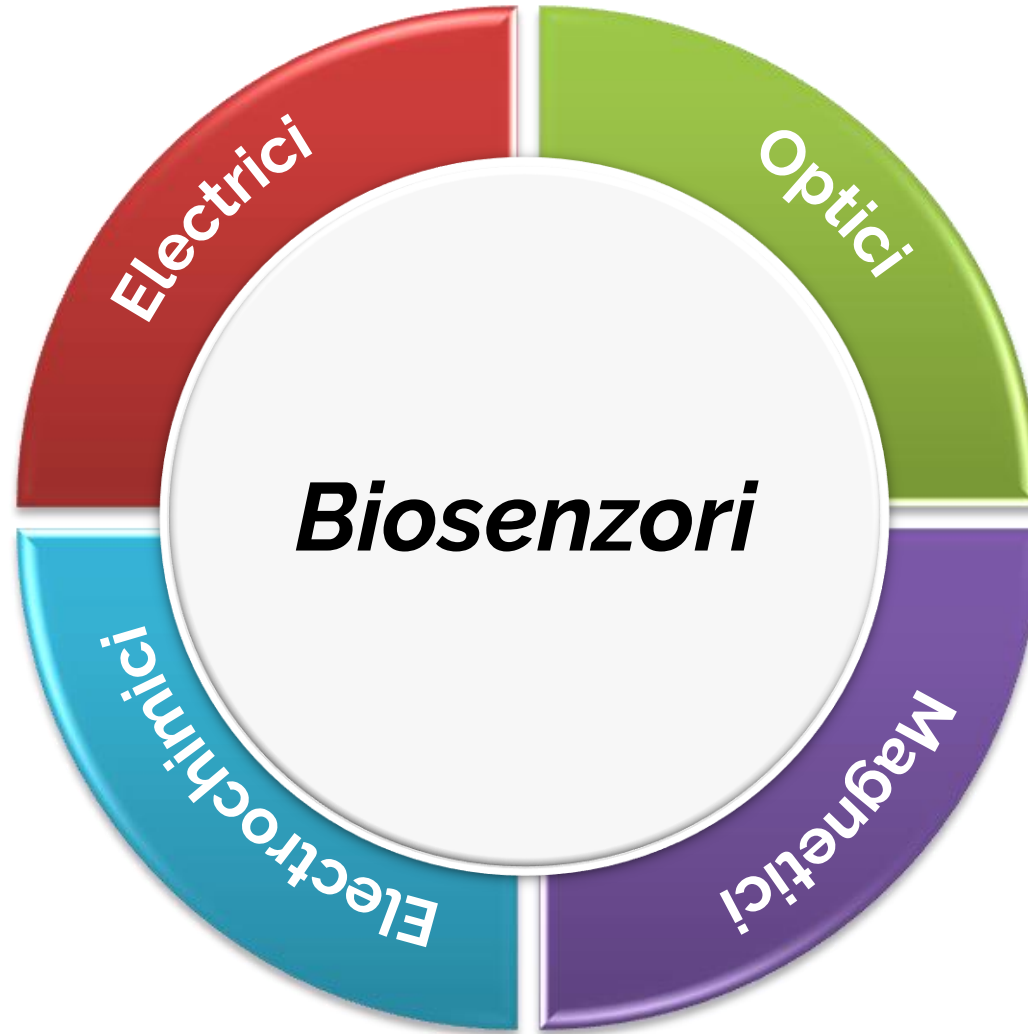
18 iulie 2022
București, România

Obiectiv general uBioDEP

Criterii cheie ale viitoarelor dispozitive electronice destinate **medicinii personalizate**:

ASSURED (**A**ffordable, **S**ensitive, **S**pecific, **U**ser-friendly, **R**apid and robust, **E**quipment-free and **D**eliverable to end-users)

uBioDEP propune creșterea gradului de cunoaștere și simplificarea tehnologiei de fabricație a etajelor de diagnostică și tratament la nivelul dispozitivelor microfluidice dielectroforetice, propunând dezvoltarea unui sistem dielectroforetic ce utilizează microelectrozi pe bază de cerneluri conductive imprimați integral cu ajutorul serigrafiei (screen-printing).



Motivație – Bariere tehnologice

Tehnici de microfabricare clasice

(depunerea filmelor subțiri, depunere chimică de vapori, depunere prin pulverizare)



pași tehnologici complexi



costuri mari de fabricație



nepotrivite pentru producția în masă



substrat rigid



microelectrozi interdigitați metalizați planari (2D) cu adaptare dificilă a arhitecturii

VS.

Tehnici de imprimare consacrate

(serigrafia, flexografia, printare cu jet de cerneală)



procesare rapidă



costuri reduse de fabricație



producția în masă



substrat flexibil biocompatibil



adaptarea cu ușurință a microelectrozilor interdigitați 3D cu arhitecturi inovatoare

H. Zhu et al., 'Screen-printed microfluidic dielectrophoresis chip for cell separation', Biosens. Bioelectron., vol. 63, pp. 371–378, Jan. 2015.

B. Çetin, M. B. Özer, and M. E. Solmaz, 'Microfluidic bio-particle manipulation for biotechnology', Biochem. Eng. J., vol. 92, pp. 63–82, Nov. 2014.

R. Martinez-Duarte, 'Microfabrication technologies in dielectrophoresis applications—A review', Electrophoresis, vol. 33, no. 21, pp. 3110–3132, Nov. 2012.

PACHETE (ETAPE) de LUCRU

Conceptualizarea și proiectarea unor arhitecturi 3D inovatoare a microelectrozilor interdigitați.

Dezvoltarea microelectrozilor interdigitați cu ajutorul serigrafiei

Integrarea microelectrozilor interdigitați serigrafiați într-un dispozitiv microfluidic de detectare și electromanipulare

Manipularea dielectroforetică a bioparticulelor la nivelul microelectrozilor interdigitați serigrafiați

Eletromanipulare dielectroforetică și caracterizarea electrică a celulelor biologice



precizie ridicată de selecție a țintei



natura nedistructivă



fără etichetă fluorescentă/magnetică



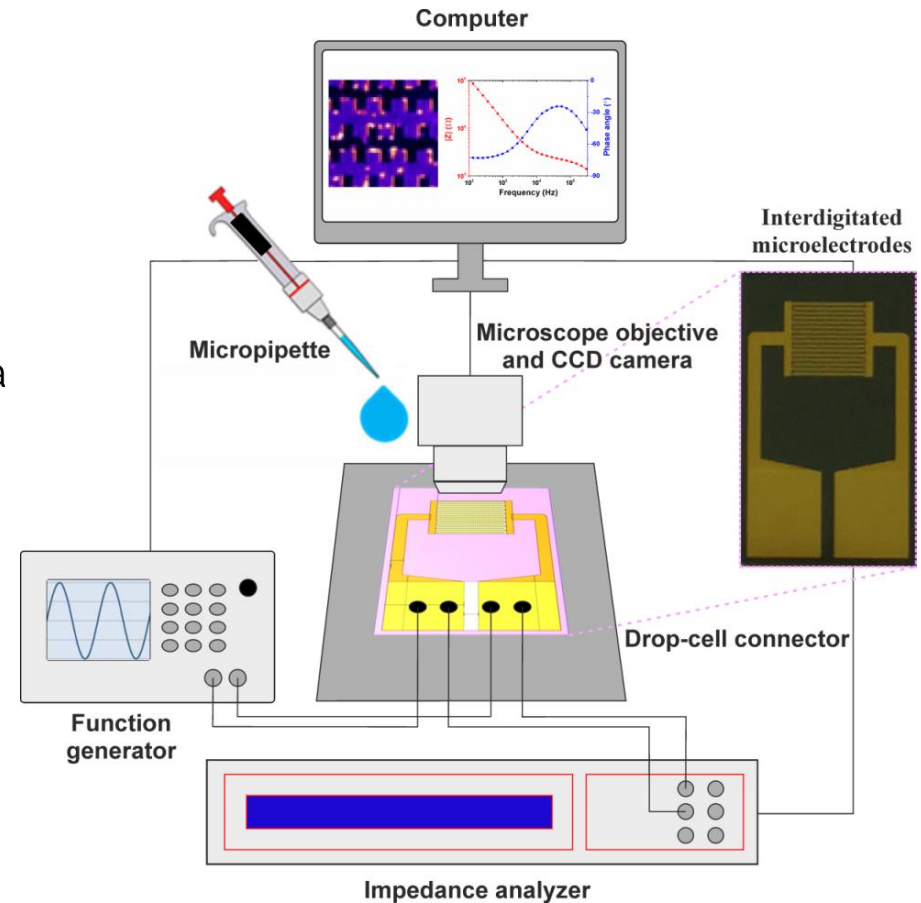
instrumentare simplă și scalabilitate



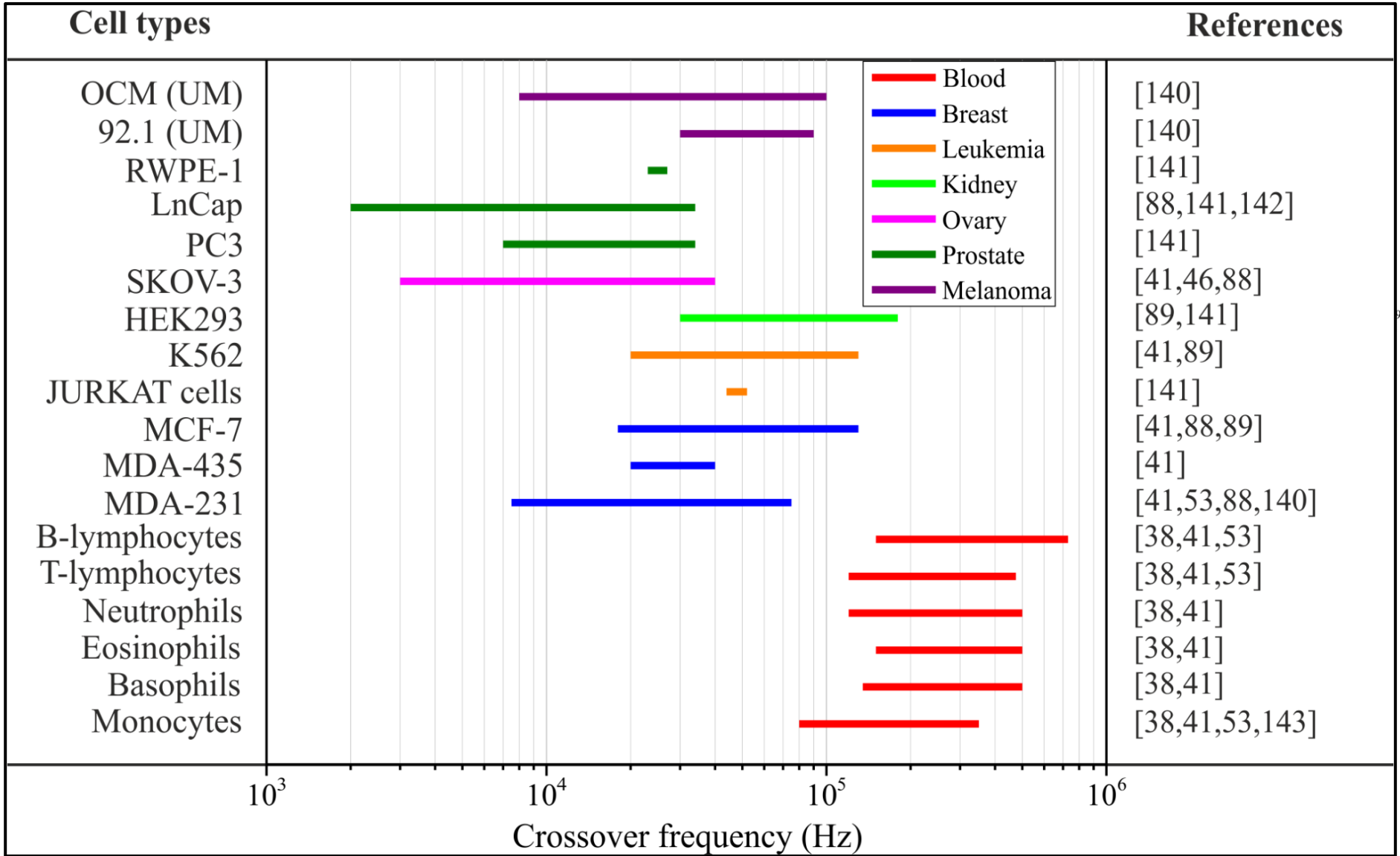
timp scurt de detecție



screening în timp real și continuu



Dielectroforeza (DEP)



Etapa I: Conceptualizarea și proiectarea unor arhitecturi 3D inovatoare a microelectrozilor interdigitați.

Obiectiv: Conceptualizarea și proiectarea unor arhitecturi 3D personalizate a microelectrozilor interdigitați pentru asigurarea unei distribuții optime a gradientului de câmp electric.

A I.1. Conceptualizarea arhitecturii 3D a microelectrozilor interdigitați cu accent pe realizarea unui studiu aprofundat al barierelor tehnice.

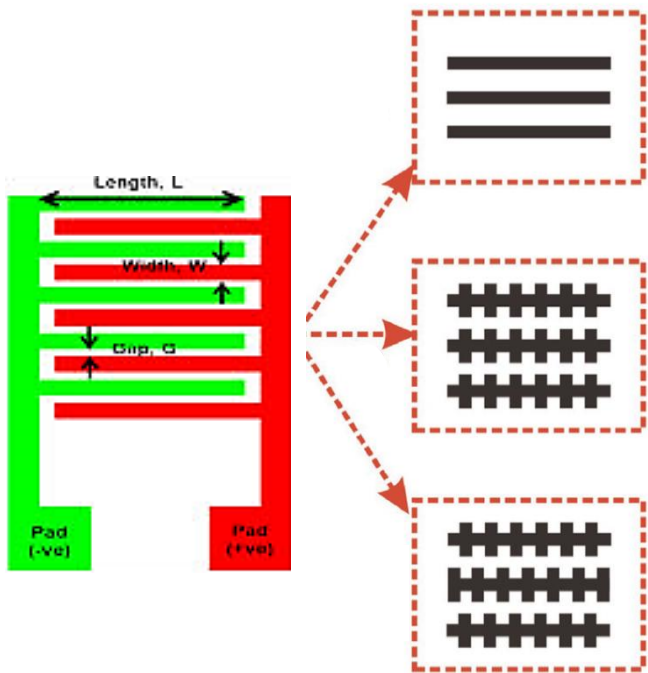
A I.2. Modelarea și simularea parametrilor multi-fizici ai matricei de microelectrozi interdigitați.

A I.3. Optimizarea arhitecturii microelectrozilor interdigitați prin identificarea topologiei (forme) optime ale perechilor de electrozi pentru a asigura o generare eficientă a câmpului electric.

A I.4. Coordonare, management, diseminare.

Motivație – Rolul geometriei microelectrodului

Parametrii geometrici	Semnalul analizat	Observații	Ref.
Configurația microelectrodului Forma și simetria degetelor electrodului (linie, crenelați, fierăstrău)	Câmpul electric (DEP)	În cazul IDE-urilor proiectate cu dinți de tip ferăstrău s-a observat că distribuția câmpului electric între IDE-uri atinge o valoare de același ordin de mărime (10^7 V/m) cu cea obținută în cazul IDE-urilor cu degete crenelate, dar distribuția sa este mult mai uniformă. Având în vedere aceleași condiții de simulare, adică tensiunea aplicată de 10 V și distanța dintre electrozii vecini de 100 μm , $\nabla \vec{E}_{rms} ^2$ maxime obținute au fost de 2×10^{14} $\text{m kg}^2/\text{s}^6 \text{ A}^2$ pentru IDE linie și 5×10^{15} $\text{m kg}^2/\text{s}^6 \text{ A}^2$ pentru IDE crenelați aliniați și decați, indicând faptul că electrozii crenelați pot genera forțe DEP mai mari în comparație cu IDE linie.	[18] [14]
	Impedanța electrica (EIS)	Raportul optim între distanța și lățimea electrozilor ar trebui să fie egal cu 0,66 pentru a extinde banda de frecvență utilă. Impedanța crește odată cu creșterea numărului de degete ale IDE-ului. Prin scăderea distanței dintre electrozi, suprafața efectivă a electrodului este mărită determinând o creștere a sensibilității dispozitivului. Numărul și lungimea degetelor electrodului nu contribuie semnificativ la îmbunătățirea lățimii de bandă a senzorului.	[19] [17] [20]
	Câmpul electric (DEP) și Impedanța electrica (EIS)	Dimensiunea mai mică a distanței între degetele IDE are ca rezultat modificări semnificative ale mărimii câmpului electric, care produc performanțe mai bune.	[21]– [23]



O. Marius and A. Alexandru, 'Improving electromanipulation capacity of dielectrophoretic arrays based on variation of interdigitated microelectrode's geometry', Proc. 2016 Int. Conf. Expo. Electr. Power Eng. EPE 2016, no. Epe, pp. 037–041, 2016.

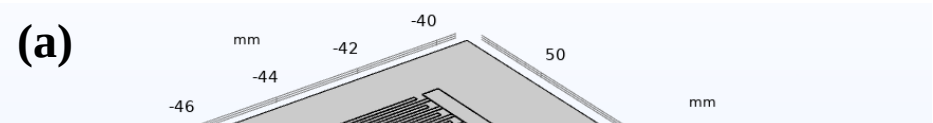
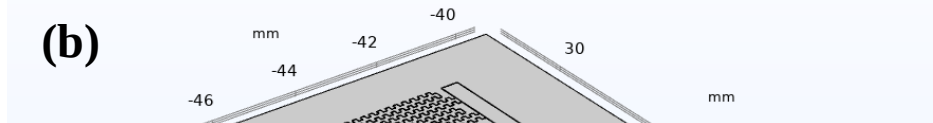
M. Ibrahim et al., 'Geometric parameters optimization of planar interdigitated electrodes for bioimpedance spectroscopy', J. Electr. Bioimpedance, vol. 4, no. 1, pp. 13–22, 2013.

J. Claudel et al., 'Interdigitated Sensor Optimization for Blood Sample Analysis', Biosensors, vol. 10, no. 12, 2020.

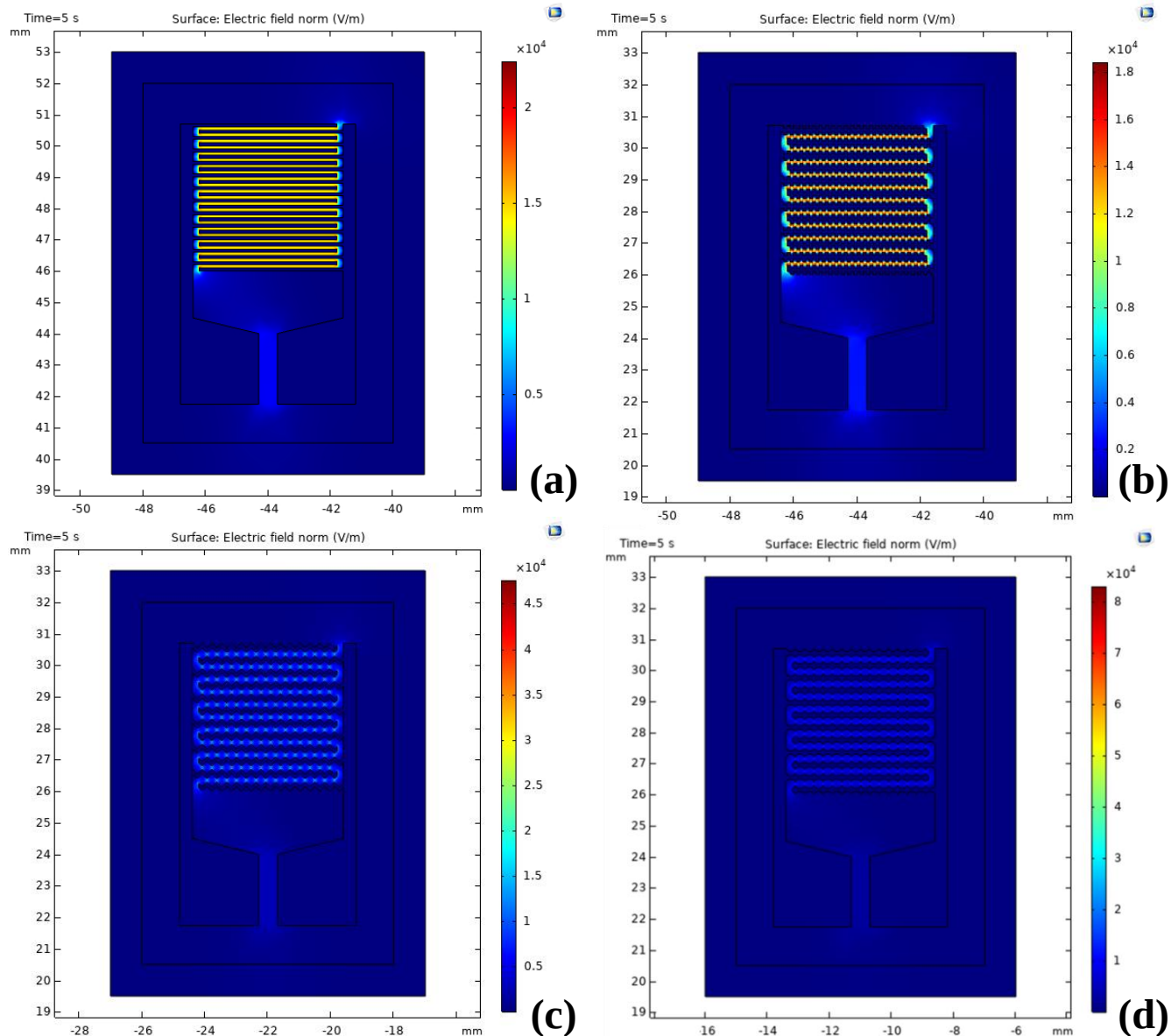
S. MacKay et al., 'Simulating electrical properties of interdigitated electrode designs for impedance-based biosensing applications', Can. Conf. Electr. Comput. Eng., vol. 2015-June, no. June, pp. 370–375, 2015.

A. F. M. Mansor and S. N. Ibrahim, 'Simulation of ring interdigitated electrode for dielectrophoretic trapping', IEEE Int. Conf. Semicond. Electron.

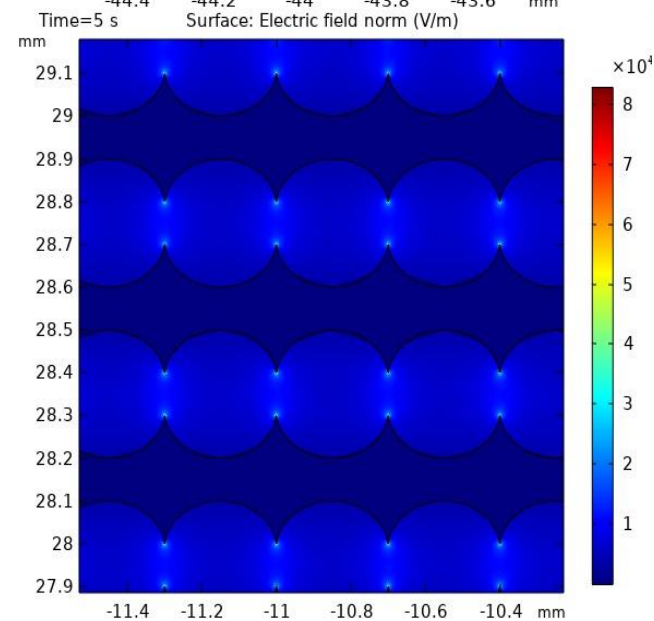
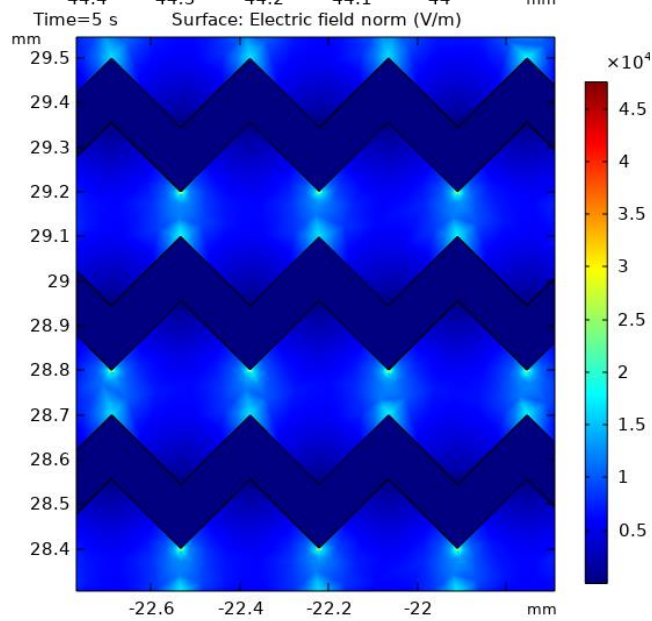
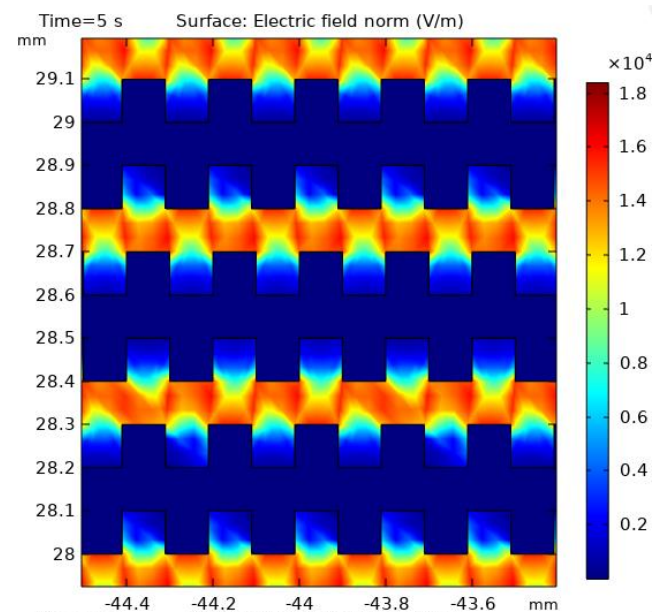
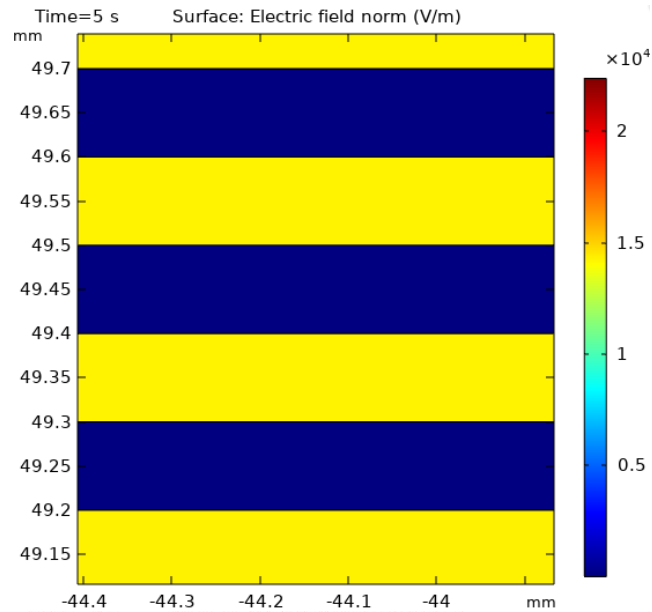
Conceptualizarea și proiectarea unor arhitecturi 3D personalizate a microelectrozilor interdigitați

(a) 	(b) 
Parametrii geometrici și tehnologici	Caracteristici valori
Lungimea electrodului (L_e)	8,95 mm
Lățimea electrodului (l_e)	5,6 mm
Suprafața de lucru (A)	4,8 mm x 4,7 mm
Forma degetelor	Linieri, crenelați, de tip dinte de fierăstrău și semicerc
Lungimea degetelor (L)	4,6 mm
Lățimea degetelor (l_d)	100 μm și 150 μm
Distanța dintre degete (d)	100 μm și 150 μm
Numărul degetelor (N)	8, 12, 16, 24
Materialul electrodului	Argint, Cupru și Carbom

Conceptualizarea și proiectarea unor arhitecturi 3D personalizate a microelectrozilor interdigitați



Conceptualizarea și proiectarea unor arhitecturi 3D personalizate a microelectrozilor interdigitați



Concluzii

În cadrul etapei au fost proiectate patru tipuri de microelectrozi interdigitați cu geometrii diferite, analizându-se rolulul acestora asupra performanței microelectrozilor.

Principalele caracteristici ce stau la baza performanței de captare și separare a celulelor biologice sunt forma degetelor electrodului și distanța dintre acestea.

Bazându-ne pe rezultatele obținute, în etapa următoare ne propunem fabricarea microelectrozilor interdigitați crenelați, de tip dinte de fierăstrău și semicerc ($l_d = 100 \mu\text{m}$, $d = 100 \mu\text{m}$ și $N = 12$) la nivelul unui substrat flexibil polimeric cu ajutorul tehnologiei serigrafice.

Obiectivul de cercetare programat pentru această etapă a proiectului a fost integral îndeplinit.

Mulțumesc ! Q&A



molariu@tuiasi.ro