

Abstract

Scopul prezentei lucrări de doctorat este conceperea și realizarea practică a unui microsistem magnetoforetic activ, care să permită manipularea și separarea particulelor magnetice în timp real, pentru aplicații în dispozitive de analiză bio-medicală. Conceptul sistemului proiectat este original, acesta fiind alcătuit din perechi de fire conductoare plan paralele, îngropate în pereții laterali ai unui canal microfluidic. Prin aplicarea unei diferențe de potențial la capetele firelor, acestea generează un câmp magnetic. Gradientul câmpului magnetic necesar manipulării micro/nanoparticulelor magnetice este modelat prin arhitectura firelor conductoare în canalul microfluidic.

În cadrul lucrării sunt investigate din punct de vedere teoretic mecanismele implicate în magnetoforeză, fiind determinată forța magnetoforetică ce acționează asupra particulelor magnetice datorită distribuției neuniforme a câmpului magnetic.

Au fost făcute simulări electromagnetice, electrotermice și microfluidice pentru determinarea eficienței dispozitivelor proiectate. Simulările electromagnetice au arătat că în interiorul microcanalului fluidic apar gradienti de câmp magnetic de aproximativ 50 T/m la un curent de alimentare de 100 mA.

Pentru realizarea dispozitivului experimental, au fost studiate și prezentate pe larg tehnicile de microfabricație utilizate. Se prezintă de asemenea în detaliu tehnologiile modernizate și adaptate tehnicilor microfluidice pentru fabricarea dispozitivelor magnetoforetice pentru manipularea și separarea micro sau nanoparticulelor magnetice în sisteme microfluidice.

În final sunt prezentate rezultatele experimentale și discuțiile asupra acestora: rețetele pentru sintetizarea și funcționalizare particulelor magnetice, metodele de caracterizare a particulelor obținute, optimizările proceselor tehnologice și a proiectului de layout, metodele de încapsulare a dispozitivelor magnetoforetice, realizarea contactelor electrice și vizualizarea curgerii suspensiei de nanoparticule superparamagnetice sub influența gradientilor magnetici și/sau termici.

The purpose of this thesis is to design and fabricate an active magnetophoretic microsystem, which will allow real time manipulation and separation of magnetic particles for bio-medical analysis applications. The concept of the designed system is an original one, being made out of parallel conductive wires, buried in the lateral side-walls of a microfluidic channel. The magnetic field is generated by applying a voltage to the wires. The magnetic gradient required for the manipulation of the magnetic micro/nano particles is modeled by the architecture of the conductive wires inside the microfluidic channel.

In this paper I have investigated the theoretical mechanism involved in magnetophoresis, and determined the magnetophoretic force which acts upon the magnetic particles due to the non-uniform distribution of the magnetic field.

Electromagnetic, electrothermal and microfluidic simulations are presented to determine the efficiency of the designed devices. The electromagnetic simulations show a 50 T/m gradient at a supply current of 100 mA.

In order to fabricate the experimental device, I have studied and presented the required microfabrication techniques. I have also presented in detail the up to date technologies which were adapted and optimized for the fabrication of the designed magnetophoretic devices.

In the end, the experimental results and discussions are presented, such as: the synthesis, functionalization and characterization of the magnetic particles, device design and optimized technological processes for fabrication of the device, encapsulation and wire bonding methods, as well as the visualization of the flow of superparamagnetic nanoparticles under the influence of thermal and magnetic gradients.