Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Image not found or type unknow

Державний обліковий номер: 0825U003284

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 05-08-2025

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Стахів Володимир Михайлович

2. Volodymyr M. Stahiv

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 122

Назва наукової спеціальності: Комп’ютерні науки

Галузь / галузі знань: інформаційні технології

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Комп'ютерні науки

Дата захисту: 12-08-2025

Спеціальність за освітою: 122 Комп'ютерні науки

Місце роботи здобувача: Відокремлений структурний підрозділ “Фаховий коледж інформаційних технологій Національного університету “Львівська політехніка”

Код за ЄДРПОУ: 44444751

Місцезнаходження: вул. Володимира Великого 12, Львів, 79053, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 9570

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 20.54.04

Тема дисертації:

1. Методи та моделі для автоматизованого проектування акустофлюїдних мікроелектромеханічних систем

2. Methods and Models for Computer-Aided Design of Acoustic-Fluid Microelectromechanical Systems

Реферат/анотація:

1. Дисертаційна робота присвячена розробці методів та моделей для автоматизованого проєктування акустофлюїдних рідинних мікросистем, в мікроканалах яких, за рахунок формування стоячих акустичних хвиль, забезпечується селективне керування потоком різнорідних нерозчинних мікрочасток. Переміщення мікрочасточок в рідинному потоці відбувається за рахунок акустофоретичних сил, які виникають при їх взаємодії з акустичними хвилями. У першому розділі проаналізовано механізми акустофлюїдного розділення мікрочастинок. Встановлено, що об'ємні акустичні хвилі більш чутливі до неоднорідностей акустичного опору п'єзоелектричної підкладки, що робить їх менш придатними для подальших досліджень. Розглянуто механізми дії первинної та вторинної сил акустичного випромінювання, які виникають внаслідок нелінійного поширення звуку в рідкому середовищі та впливають на траєкторії руху мікрочасток. Виявлено, що форма та розміщення зустрічно-штирьових перетворювачів (ЗШП) суттєво впливають на результати розділення, оскільки характеристики поверхневих акустичних хвиль (ПАХ) залежать від таких параметрів ЗШП, як відстань, кількість пальців, апертура та ширина електрода. А застосування штучного інтелекту та машинного

навчання відкриває нові перспективи для ефективного проєктування та аналізу мікрофлюїдних пристроїв, зокрема автоматизації розробки, оптимізації конструкції та прискорення аналізу даних. За результатами аналізу сформульовано задачу дисертаційного дослідження. У другому розділі проведено дослідження конструктивних особливостей зустрічно-штирьових перетворювачів (ЗШП) та наведено приклади їх застосування в акустофлюїдних мікросистемах. Особливу увагу приділено основним геометричним параметрам ЗШП та їхньому впливу на довжину згенерованої акустичної хвилі, розглянуто різні схеми розташування двонаправлених електродів. Також вивчено механізм поширення акустичних хвиль у заповненому рідиною мікроканалі та досліджено вплив акустофоретичних сил, що виникають на зважені у рідині мікрочастинки. В середовищі COMSOL Multiphysics® розроблено 2- та 3- вимірні геометричні моделі ЗШП, підібрано необхідні матеріали та мультифізичні інтерфейси. Побудовано математичну модель розподілу акустичного поля в мікроканалі, сформованого завдяки взаємодії електродів ЗШП та п’єзоелектричної підкладки. Показано, що форма та стабільність поля акустичної стоячої хвилі залежать від кількох конструктивних факторів: співвідношення між довжиною хвилі та шириною мікроканалу, положення та конструкції ЗШП, параметрів та властивостей п'єзоелектричної підкладки. Загалом, проведено чисельне моделювання базової конструкції ЗШП, двох модифікацій з парними пальцями та чотирьох варіантів ЗШП, які відрізняються шириною пальців. У третьому розділі побудовано математичну модель акустофоретичного розділення мікрочасточок, яка дає змогу прогнозувати рух мікрочасточок всередині мікроканалу та оцінювати вплив геометрії мікроканалу на ефективність їх розділення. Проведено чисельне дослідження розробленої моделі для сортування та фокусування частинок мікропластику в мікроканалах мікрофлюїдних лабораторних чипах (лаб-чип), а також для розділення і сортування мікрочасток сажі та золи, зважених у мікрофлюїдних зразках дощової води. В результаті чисельного експерименту отримано висновок, що на фокусування мікрочасточок впливає як їх розмір, так і густина. Отримані результати моделювання показали, що спроєктований мікрофлюїдний лаб-чип здатний розділяти два типи мікрочастинок сажі та золи на необхідну кількість груп відповідно до їх густини та розмірів. Вперше розроблено акустофлюїдну модель, здатну розрахувати розподіл акустичного тиску та змоделювати рух мікрочастинок вздовж системи мікроканалів під дією акустофоретичної сили. Розроблено технологію виготовлення мультиканального лаб-чипа та створено фізичний прототип мікрофлюїдного пристрою. Канали та отвори формують методом лазерного фрезерування на кремнієвій підкладці, що забезпечує подачу та вивід тестової суміші та транспортної рідини (деіонізованої води). У четвертому розділі розроблено алгоритм машинного навчання з підкріпленням, який дає змогу автоматизувати процес підбору вхідних параметрів для ефективного розділення мікрочасточок. Показано, що визначення частоти акустичних хвиль можливе за допомогою регресійного аналізу. Для визначення вхідних швидкостей рідини застосовано метод машинного навчання з підкріпленням та врахуванням невдач, який покращив точність та ефективність акустофлюїдної моделі, забезпечуючи новий підхід до вирішення задачі ефективного розділення мікрочасточок в рідинних мікросистемах. На основі чисельних експериментів підготовлено набір даних для навчання алгоритму, використовуючи інформацію про фізичні параметри часточок, швидкість потоку та частоту акустичної хвилі. Реалізовано алгоритм навчання з підкріпленням, який дозволяє підібрати вхідні параметри для забезпечення сортування мікрочасточок, враховуючи результати невдач, що сприяє швидшому та точнішому навчальному процесу.

2. The dissertation is devoted to the development of methods and models for the automated design of acoustic fluid microsystems, in the microchannels of which, due to the formation of standing acoustic waves, selective control of the flow of heterogeneous insoluble microparticles is ensured. The movement of microparticles in the liquid stream occurs due to acoustophoretic forces that arise when they interact with acoustic waves. In the first section, the mechanisms of acoustic-fluid separation of microparticles are analyzed. It has been established that volumetric acoustic waves are more sensitive to inhomogeneities in the acoustic resistance of the piezoelectric substrate, which makes them less suitable for further research. The mechanisms of action of primary and secondary forces of acoustic radiation, which arise as a result of nonlinear propagation of sound in a liquid medium and affect the trajectories of microparticles, are considered. It has been found that the shape and

placement of counter-pin transducers (CPTs) significantly affect the separation results, since the characteristics of surface acoustic waves (SAWs) depend on such parameters of the CPT as distance, number of fingers, aperture and electrode width. The application of artificial intelligence and machine learning opens new prospects for efficient design and analysis of microfluidic devices, particularly in automating development, optimizing design, and accelerating data analysis. Based on the results of the analysis, the task of the dissertation research is formulated. In the second section, an investigation into the structural characteristics of counter-pin transducers (IDT) is conducted, accompanied by illustrations of their application in acoustofluidic microsystems. Particular attention is given to the primary geometrical parameters of the IDT and their effect on the acoustic wave's propagation length. Additionally, different configurations of bidirectional electrodes are examined. The study further explores how acoustic waves propagate within a liquid-filled microchannel and evaluates the resultant acoustophoretic forces acting on microparticles suspended within the fluid. In the COMSOL Multiphysics® environment, 2- and 3-dimensional geometric models of the CPT have been developed, the necessary materials and multiphysics interfaces have been selected. A mathematical model of the distribution of the acoustic field in the microchannel, formed due to the interaction of the CPT electrodes and the piezoelectric substrate, has been built. Using the developed model, the influence of the properties of the piezoelectric substrate on the value of the acoustophoretic force and the pressure distribution in the rectangular microchannel was investigated. It is shown that the shape and stability of the field of an acoustic standing wave depend on several design factors: the relationship between the wave length and the width of the microchannel, the position and design of the CPT, the parameters and properties of the piezoelectric substrate. In general, numerical modeling of the basic design of the CPT, two modifications with paired fingers and four variants of the CPT, which differ in the width of the fingers, was carried out. The results are presented and a comparative analysis of the distribution of electric potential in the area of the piezoelectric substrate and the nature of the distribution of acoustic pressure inside the microchannel is carried out. In the third section, a mathematical model of acoustophoretic separation of microparticles is constructed. It makes it possible to predict the movement of microparticles within the microchannel and assess the influence of microchannel geometry on the efficiency of their separation. A numerical study of the developed model for sorting and focusing microplastic particles in microchannels of microfluidic laboratory chips (lab chip), as well as for separation and sorting of microparticles of soot and ash suspended in microfluidic samples of rainwater, has been carried out. As a result of a numerical experiment, it was concluded that the focusing of microparticles is influenced by both their size and density. The results of the simulation showed that the designed microfluidic lab chip is capable of separating two types of microparticles of soot and ash into the required number of groups according to their density and size. For the first time, an acoustic fluid model was developed. It is capable of calculating the distribution of acoustic pressure and simulating the movement of microparticles along the system of microchannels under the action of acoustophoretic force. In the fourth section, a reinforcement machine learning algorithm has been developed. It makes it possible to automate the process of selecting input parameters for efficient separation of microparticles. It is shown that the determination of the frequency of acoustic waves is possible using regression analysis.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Освоєння нових технологій транспортування енергії, впровадження енергоефективних, ресурсозберігаючих технологій, освоєння альтернативних джерел енергії

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- Стахів В. М. Моделювання та дослідження зустрічно-штирьових перетворювачів для акустофлюїдних лаб-чипів. Комп'ютерні системи проектування. Теорія і практика. 2023. Вип. 5, № 1. С. 34–46. https://doi.org/10.23939/cds2023.01.034
- Стахів В. М. Моделювання та дослідження розділення дисперсної суміші двох типів зважених частинок під дією акустичного поля. Комп'ютерні системи проектування. Теорія і практика. 2024. Вип. 6, № 2. С. 158–171. https://doi.org/10.23939/cds2024.02.158
- Klymkovych T., Bokla N., Matviykiv O., Stakhiv V., Melnyk M. Numerical simulation and analysis of the acoustic standing wave field stability in acoustofluidic microchannel. International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design. 2022. 18th IEEE Intern. conf. on the perspective technologies and methods in MEMS design MEMSTECH 2022, Polyana, Ukraine, 7-11 Sept. 2022. P. 57–60. doi: 10.1109/MEMSTECH55132.2022.10002931
- Bokla N., Klymkovych T., Matviykiv O., Stakhiv V., Melnyk M. Design and simulation of microfluidic Lab-chip for detecting heavy metals in water samples. International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design. 2021. 17th IEEE Intern. conf. on the perspective technologies and methods in MEMS design MEMSTECH 2021, Polyana, Ukraine, 12-16 May 2021. P. 46–49. doi: 10.1109/MEMSTECH53091.2021.9468070.
- Klymkovych T., Bokla N., Matviykiv O., Stakhiv V. Simulation and analysis of microparticles acoustophoretic separation in multi-channel Lab-chip device. Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics. 2021. 16th IEEE Intern. conf. on the experience of designing and application of CAD systems CADSM 2021, Lviv, Ukraine. 22-26 Febr. 2021. P. 29–33. doi: 10.1109/CADSM52681.2021.9385236.
- тахів В. М., Климкович Д. Б. Розроблення алгоритму машинного навчання з підкріпленням для рекомендаційної підсистеми в задачах проектування акустофлюїдних лаб-чипів. Наука і техніка сьогодні. 2024. № 13 (41). С. 1264–1276. https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-13(41)-1264-1276
- Стахів В. М., Климкович Д. Б. Створення інформаційної системи для рекомендаційного моделювання акустофлюїдних лаб-чипів із застосуванням алгоритмів навчання з підкріпленням. Наука і техніка сьогодні. 2025. № 2 (43). С. 1553–1570. https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-2(43)-1553-1570
- Климкович Т. А., Бокла Н. І., Кубяк А., Рута Л., Стахів В. М., Матвійків О. М. Моделювання та прототипування акустофлюїдної системи для розділення мікрочастинок. Комп'ютерні системи проектування. Теорія і практика. 2025. Вип. 7, № 1. С. 261–270. https://doi.org/10.23939/cds2025.01.261

Наукова (науково-технічна) продукція: технології; методи, теорії, гіпотези; програмні продукти, програмно-технологічна документація

Соціально-економічна спрямованість: забезпечення промисловості чи населення новим видом інформаційно-комунікаційних послуг

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Матвійків Олег Михайлович

2. Oleh M. Matviykiv

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.13.12

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-9396-7303

Додаткова інформація: 24476373700

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Плачек Марек М.

2. Marek Płaczek

Кваліфікація: д. т. н., професор, 01.02.00

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-5585-7621

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Сілезький університет

Код за ЄДРПОУ: 00001319

Місцезнаходження: , 40137

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Матус Валерій Володимирович

2. Valeriy V. Matus

Кваліфікація: д. ф.-м. н., с.н.с., 01.02.04

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-1490-8752

Додаткова інформація: 7003699538

Повне найменування юридичної особи: Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С.Підстригача НАН України

Код за ЄДРПОУ: 03434430

Місцезнаходження: , Львів, 79060, Україна

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Прасол Ігор Вікторович

2. Ihor V. Prasol

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.13.12

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-2537-7376

Додаткова інформація: 55891027200

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет радіоелектроніки

Код за ЄДРПОУ: 02071197

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 14, Харків, Харківський р-н., 61166, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Щербовських Сергій Володимирович

2. Serhiy V. Shcherbovskykh

Кваліфікація: д. т. н., професор, 01.05.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-8535-733X

Додаткова інформація: 8333026100

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Станкевич Олена Михайлівна

2. Olena M. Stankevych

Кваліфікація: д. т. н., ст.н.с., 05.02.10

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-5977-6351

Додаткова інформація: 7801581694

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Соколовський Ярослав Іванович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Соколовський Ярослав Іванович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Віктор Михайлович Хавалко
Реєстратор	УкрІНТЕІ
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна