Додаток 4

до Методики оцінювання ефективності наукової (науково-технічної) діяльності наукових установ та закладів вищої освіти в частині провадження

закладами наукової (науково-технічної) діяльності за окремими науковими напрямами під час проведення державної атестації

(пункт І розділу II)

**Опис впливу  
результатів діяльності наукової установи / закладу вищої освіти на розвиток  
науки, суспільства та економіки  
Description of the impart of the**

**results of die activities of a scientific institution / higher education institution on the  
development of science, society and economy**

за темою **22БФ051-05**

(повне найменування наукової установи / закладу вищої освіти)  
(full name of the scientific institution / higher education institution)

(науковий напрям!  
(field of science)  
за період з 2020 по 2024 роки

(період - 5 років)

for the period from 2020 to 2024 years

(регіоd - 5 уеагs)

|  |  |
| --- | --- |
| **Порядковий № впливу**  **Іmрасt N0.** | 1 |
| **Основний вид впливу**  ***(необхідне підкреслити)***  **Main type of impart**  ***(underline necessary)*** | на забезпечення безпеки та оборони країни; на розвиток економіки; на розвиток технологій; на забезпечення здоров'я та якості життя; на розвиток передової науки; на популяризацію результатів наукових досліджень; на розвиток освіти; на розвиток соціальної сфери; на розвиток культури; на збереження стану навколишнього природного середовища; на забезпечення продовольчої безпеки; на розвиток державної політики  the security and defence of the country; economic development; t**echnology** development; health and quality of life; the development of advanced science; popularization of the results of scientific research; the development of edification; the development of the social sphere; the development of culture; to preserve the state of the environment; io ensure food security; the development of public policy |
| **Перелік основних наукових результатів, які дали змогу доспіти впливу**  Створено нову концепцію високочастотних ультразвукових мікрореакторів проточного типу для використання в мікросистемах повного аналізу.  Внутрішнє структурування об’єму п'єзоелектричної пластини шляхом створення різно-поляризованих доменних областей із певним періодом повторення знакозмінних доменів визначає робочу частоту реактора.  Діапазон робочих частот до десятків МГц може бути використаний для прискорення хімічних процесів і служить для підвищення функціональності ультразвукових генераторів і актуаторів.  Створена модель високочастотного ультразвукового мікрореактора із використанням доменної решітки із робочою частотою 60 МГц, сонохімічна ефективність якої перевірялась з використанням реакції окислення йодиду калію.  Виготовлено модель ультразвукового реактора з робочими частотами в діапазоні 300-500 кГц.  **A list the main scientific results that made it possible to achieve the impact of**  A new concept of high-frequency ultrasonic flow-type microreactors has been created for use in microsystems for lab-on-chip applications.  The internal structuring of the volume of the piezoelectric plate by creating differently polarized domain regions with a certain repetition period of alternating domains determines the operating frequency of the reactor.  The operating frequency range up to dozens of MHz can be used to accelerate chemical processes and serves to improve the functionality of ultrasonic generators and actuators.  A model of a high-frequency ultrasonic microreactor using a domain grating with an operating frequency of 60 MHz was created, the sonochemical efficiency of which was tested using the oxidation reaction of potassium iodide.  A model of an ultrasonic reactor with operating frequencies in the range of 300-500 kHz has been manufactured | |
| **Опис основних наукових результатів, які дали змогу досягти цього впливу *(до 3000 знаків)***  Даний вплив стосується апаратів для сонохімічної обробки малих об’ємів рідин та хімічних сумішей. Винахід може бути застосований як складова частина мікросистем повного аналізу в таких областях, як мікрофлюідика, мікро- та наноелектроніка, біомедицина, оптика та інших галузях промисловості. Конкретними прикладами застосувань є очищення та аналіз води, полімеразна ланцюгова реакція, очищення білка крізь серію процесів, призначених для виділення одного або кількох білків зі складної суміші, зазвичай клітин, тканин або цілих організмів, мікрореактори для забезпечення сортування та росту клітин чи тканин, капілярний електрофорез, виділення дезоксирибонуклеїнової кислоти (ДНК) тощо. Завдяки унікальним властивостям мікроскопічних структур повного аналізу вони дозволяють виконувати складний аналіз із меншими витратами матеріалів у порівнянні зі звичайними системами.  Відомо, що основною рушійною силою сонохімічних реакторів є генерація в рідких середовищах та сумішах кавітаційних бульбашок. Надзвичайно високі тиски та температура всередині такої бульбашки й визначає особливості зміни фізичних і хімічних властивостей такого рідкого середовища, прискореного протікання хімічних реакцій, процесів перемішування різного типу. При цьому саме мікрореактор дозволяє поєднати переваги зазначених вище сонохімічних процесів та мікросистем повного аналізу. Він здатний забезпечити роботу з мікро- та нанооб’єктами із діаметром каналу у мікро- або нанометровому діапазоні, високу точність дозування, високу ступінь інтеграції багатостадійних процесів на одному чипі тощо.  В основу даного впливу покладено завдання ефективного перетворення високочастотних електричних коливань в ультразвукові шляхом створення різно-поляризованих сегнетоелектричних доменів всередині сегнетоелектричного кристалу.  Поставлене завдання вирішено тим, що високочастотний ультразвуковий мікрореактор проточної дії містить сегнетоелектричний кристал правильної симетричної форми з різною поляризацією доменів всередині кристала, що утворюють регулярну структуру з періодичністю кратною довжині ультразвукової хвилі, у якому виконано аксіально-симетричний наскрізний отвір ортогонально до напрямку резонуючих коливань та електрогенератор високочастотних гармонічних коливань, при цьому на торцях сегнетоелектричного кристалу нанесені діаметрально протилежні електроди, через які за допомогою провідників сегнетоелектричний кристал під’єднаний до електрогенератора.  Для перевірки ефективності створеної моделі високочастотного ультразвукового мікрореактора перевірялась його сонохімічна ефективність з використанням реакції окислення йодиду калію. Під дією ультразвуку іони йоду I- окислюються до I2 та реагують з ними з утворенням іонів I3- (I2 + I- ↔ I3-). Концентрація іонів I3- у розчині, обробленому в мікрореакторі, реєєструється за наявністю смуги оптичного поглинання із довжиною хвилі біля 350 нм. Перевірка засвідчила, що ультразвукова обробка розчину дійсно веде до появи сильної смуги поглинання біля 350 нм, демонструючи тим самим робочоспроможність впливу.  **Description of the main scientific results that made it possible to achieve this impact**  ***(up to 3000 characters)***  This impact concerns devices for sonochemical treatment of small volumes of liquids and chemical mixtures. The invention can be used as a component of microsystems for lab-on-chip applications in such fields as microfluidics, micro- and nanoelectronics, biomedicine, optics and other industries. Specific examples of applications are water purification and analysis, polymerase chain reaction, protein purification through a series of processes designed to isolate one or more proteins from a complex mixture, usually cells, tissues or whole organisms, microreactors to provide sorting and growth of cells or tissues, capillary electrophoresis, separation of deoxyribonucleic acid (DNA), etc. Due to the unique properties of the microscopic structures of complete analysis, they allow complex analysis to be performed with lower material consumption compared to conventional systems.  It is known that the main driving force of sonochemical reactors is the generation of cavitation bubbles in liquid media and mixtures. Extremely high pressures and temperatures inside such a bubble determine the features of changes in the physical and chemical properties of such a liquid medium, the accelerated course of chemical reactions, and mixing processes of various types. At the same time, it is the microreactor that allows combining the advantages of the above-mentioned sonochemical processes and microsystems of complete analysis. It is capable of working with micro- and nanoobjects with a channel diameter in the micro- or nanometer range, high dosing accuracy, a high degree of integration of multi-stage processes on a single chip, etc.  This impact is based on the task of effectively converting high-frequency electrical vibrations into ultrasonic ones by creating differently polarized ferroelectric domains inside a ferroelectric crystal.  The problem is solved by the fact that the high-frequency ultrasonic flow-through microreactor contains a ferroelectric crystal of regular symmetrical shape with different polarization of domains inside the crystal, which form a regular structure with a periodicity multiple of the ultrasonic wavelength, in which an axially symmetrical through hole orthogonal to the direction of resonant vibrations and an electric generator of high-frequency harmonic vibrations are made, while diametrically opposite electrodes are applied to the ends of the ferroelectric crystal, through which the ferroelectric crystal is connected to the electric generator using conductors.  To verify the effectiveness of the created model of a high-frequency ultrasonic microreactor, its sonochemical efficiency was verified using the oxidation reaction of potassium iodide. Under the influence of ultrasound, iodine ions I- are oxidized to I2 and react with them to form I3- ions (I2 + I- ↔ I3-). The concentration of I3- ions in the solution treated in the microreactor is recorded by the presence of an optical absorption band with a wavelength of about 350 nm. The test showed that ultrasonic treatment of the solution indeed leads to the appearance of a strong absorption band at about 350 nm, thereby demonstrating the operability of the impact. | |
| Роль наукової установи / закладу вищої освіти, що звітує у досягненні впливу  *(до 2000 знаків)*  Дослідження, яке дало змогу досягти цього впливу, було виконано на кафедрі загальної фізики фізичного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка при виконанні НДР №0119U100303 та №0122U001953. Використовувалась дослідницька інфраструктура Київського національного університету імені Тараса Шевченка, наявна в лабораторіях кафедри. Зокрема, ульразвукове устаткеування, описане в роботі https://doi.org/10.3390/molecules26123756, устаткування для вимірювання теплових, термо- та фотоелектричних властивостей, описане в роботах https://doi.org/10.1038/s41598-019-52654-z,https://doi.org/10.3390/molecules28217343 та https://doi.org/10.1063/1.3407562.  The Role of the Research Institution /Higher Education Institution in Achieving Impact  *(up to 2000 characters)*  The research that made it possible to achieve this impact was carried out at the Department of General Physics of the Faculty of Physics of the Taras Shevchenko National University of Kyiv during the implementation of the research projects No. 0119U100303 and No. 0122U001953. The research infrastructure of the Taras Shevchenko National University of Kyiv, available in the laboratories of the department, was used. In particular, the ultrasonic equipment described in the work https://doi.org/10.3390/molecules26123756, equipment for measuring thermal, thermo- and photoelectric properties described in the works https://doi.org/10.1038/s41598-019-52654-z, https://doi.org/10.3390/molecules28217343 and https://doi.org/10.1063/1.3407562 | |
| Опис впливу  *(до 6000 знаків)*  *Ширший контекст впливу*: Широко поширені різні мікрофлюїдні технології, що включають мікронасоси, змішувачі та маніпулятори потоків крапель в якості активних пристроїв, а також мікроканали, камери та клапани як пасивні мікрофлюїдні компоненти. Загалом мікрофлюїдні технології дозволяють контролювати процеси у дуже малих об’ємах рідин, газів, кристалічних та полімерних частинках, клітинах різного походження, бульбашках та краплях. Рушійні сили мікрофлюїдних впливів у розчинах, що забезпечують як дезінтеграцію, так і агрегацію компонент, досить різні. В області цілеспрямованого впливу на мікроканальну рідину значне місце займає використання ультразвукової хвилі. Конкретними прикладами застосувань даного впливу є очищення та аналіз води, полімеразна ланцюгова реакція, очищення білка крізь серію процесів, призначених для виділення одного або кількох білків зі складної суміші, зазвичай клітин, тканин або цілих організмів, мікрореактори для забезпечення сортування та росту клітин чи тканин, капілярний електрофорез, виділення дезоксирибонуклеїнової кислоти (ДНК) тощо. Завдяки унікальним властивостям мікроскопічних структур повного аналізу вони дозволяють виконувати складний аналіз із меншими витратами матеріалів у порівнянні зі звичайними системами.  *Механізми впливу*: Основною рушійною силою сонохімічних реакторів є генерація в рідких середовищах та сумішах кавітаційних бульбашок. Надзвичайно високі тиски та температура всередині такої бульбашки й визначає особливості зміни фізичних і хімічних властивостей такого рідкого середовища, прискореного протікання хімічних реакцій, процесів перемішування різного типу. При цьому саме мікрореактор дозволяє поєднати переваги зазначених вище сонохімічних процесів та мікросистем повного аналізу. Він здатний забезпечити роботу з мікро- та нанооб’єктами із діаметром каналу у мікро- або нанометровому діапазоні, високу точність дозування, високу ступінь інтеграції багатостадійних процесів на одному чипі тощо. Вплив передбачає підвищення робочої частоти реактора, оскільки звичайний сонохімічний реактор працює у кГц області частот. У свою чергу, таке підвищення частоти природно вимагає розробку високоефективних ультразвукових перетворювачів з областю робочих частот у десятки МГц. Поставлена задача досягається тим, що в даному винаході така висока робоча частота перетворювача досягається сформованими всередині п’єзоелектричного кристалу регулярно розташованими сегнетоелектричними доменами. Наявні ультразвукові реактори такого типу не можуть бути застосовані при обробці мікрооб’ємів речовини по причині того що геометричні розміри штиря залежать від параметрів ультразвукового генератора. У вище згаданих патентах оптимальна довжина штирів складає від 20 до 50 см, що накладає обмеження на мінімальні розміри реакційної посудини та відповідно на мінімальний об’єм оброблювальної рідини. В основу даного впливу покладено завдання ефективного перетворення високочастотних електричних коливань в ультразвукові шляхом створення різно-поляризованих сегнетоелектричних доменів всередині сегнетоелектричного кристалу. Поставлене завдання вирішено тим, що високочастотний ультразвуковий мікрореактор проточної дії містить сегнетоелектричний кристал правильної симетричної форми з різною поляризацією доменів всередині кристала, що утворюють регулярну структуру з періодичністю кратною довжині ультразвукової хвилі, у якому виконано аксіально-симетричний наскрізний отвір ортогонально до напрямку резонуючих коливань та електрогенератор високочастотних гармонічних коливань, при цьому на торцях сегнетоелектричного кристалу нанесені діаметрально протилежні електроди, через які за допомогою провідників сегнетоелектричний кристал під’єднаний до електрогенератора. | |
| *Бенефіціари впливу*: Даний вплив можна віднести до мікроелектромеханічні системи (MEMS) як новітньої технології, що дозволяє інтегрувати практично будь-які фізичні, хімічні та біологічні явища, включаючи рух, світло, звук, хімію, біохімію, радіохвилі та обчислення, але все це на одному кристалі. Ці чіпи можуть імітувати всі наші «почуття» і, таким чином, зрештою використовуватися як заміна тіла або поліпшення, що віщує нову еру біоніки. Але були впроваджені простіші системи, такі як слухові апарати, датчики тиску тощо, але в майбутньому з'являться більш незвичайні біосистеми. MEMS додасть очі, вуха, тактильні відчуття та інші сенсорні дані, тоді як вбудована електронна логічна функція буде служити «мозком» для формування сигналів, організації даних, управління, аналізу та інтеграції вхідних та вихідних даних. Іншою важливою галуззю застосування цих технологій є сучасна медицина. Конкретними прикладами є: *Мікрофлюїдика для діагностики*. Мікрофлюїдика включає рух, змішування та контроль невеликих обсягів (нанолітрів) рідин. Типова мікрофлюїдна система складається з голок, каналів, клапанів, насосів, змішувачів, фільтрів, датчиків, резервуарів та дозаторів. Мікрофлюїдика дозволяє поставити медичний діагноз біля ліжка хворого або на місці надання медичної допомоги. Діагностична мікрофлюїдна система використовує біологічні рідини (зразки слини, крові або сечі) для попередньої обробки зразка, фракціонування зразка, посилення сигналу, аналізу даних та відображення результатів. *Мікрофлюїдика для доставки ліків*. Мікрофлюїдика дозволяє використовувати передові технології доставки ліків, такі як ініційоване вивільнення, своєчасне вивільнення та цільова доставка. | |

**Description of the impact**

*(up to 2000 characters)*

*Broader context of impact*: Various microfluidic technologies are widely used, including micropumps, mixers and droplet flow manipulators as active devices, as well as microchannels, chambers and valves as passive microfluidic components. In general, microfluidic technologies allow controlling processes in very small volumes of liquids, gases, crystalline and polymeric particles, cells of various origins, bubbles and droplets. The driving forces of microfluidic effects in solutions, which provide both disintegration and aggregation of components, are quite different. In the field of targeted impact on microchannel fluid, the use of ultrasound waves occupies a significant place. Specific examples of applications of this effect are water purification and analysis, polymerase chain reaction, protein purification through a series of processes designed to isolate one or more proteins from a complex mixture, usually cells, tissues or whole organisms, microreactors to enable sorting and growth of cells or tissues, capillary electrophoresis, separation of deoxyribonucleic acid (DNA), etc. Due to the unique properties of the microscopic structures of the full analysis, they allow complex analysis to be performed with lower material consumption compared to conventional systems.

*Mechanisms of impact*: The main driving force of sonochemical reactors is the generation of cavitation bubbles in liquid media and mixtures. Extremely high pressures and temperatures inside such a bubble determine the features of changes in the physical and chemical properties of such a liquid medium, accelerated chemical reactions, and mixing processes of various types. At the same time, it is the microreactor that allows you to combine the advantages of the above-mentioned sonochemical processes and microsystems of complete analysis. It is able to provide work with micro- and nanoobjects with a channel diameter in the micro- or nanometer range, high dosing accuracy, a high degree of integration of multi-stage processes on a single chip, etc. The influence involves increasing the operating frequency of the reactor, since a conventional sonochemical reactor operates in the kHz frequency range. In turn, such an increase in frequency naturally requires the development of highly efficient ultrasonic transducers with an operating frequency range of tens of MHz. The task is achieved by the fact that in this invention such a high operating frequency of the converter is achieved by the regularly arranged ferroelectric domains formed inside the piezoelectric crystal. Existing ultrasonic reactors of this type cannot be used in the processing of microvolumes of matter due to the fact that the geometric dimensions of the pin depend on the parameters of the ultrasonic generator. In the above-mentioned patents, the optimal length of the pins is from 20 to 50 cm, which imposes restrictions on the minimum dimensions of the reaction vessel and, accordingly, on the minimum volume of the processing liquid. The basis of this effect is the task of effectively converting high-frequency electrical vibrations into ultrasonic ones by creating differently polarized ferroelectric domains inside the ferroelectric crystal. The problem is solved by the fact that the high-frequency ultrasonic flow-through microreactor contains a ferroelectric crystal of regular symmetrical shape with different polarization of domains inside the crystal, which form a regular structure with a periodicity multiple of the ultrasonic wavelength, in which an axially symmetrical through hole orthogonal to the direction of resonant vibrations and an electric generator of high-frequency harmonic vibrations are made, while diametrically opposite electrodes are applied to the ends of the ferroelectric crystal, through which the ferroelectric crystal is connected to the electric generator by means of conductors.

*Beneficiaries of the impact*: This impact can be attributed to microelectromechanical systems (MEMS) as a new technology that allows the integration of almost any physical, chemical and biological phenomena, including motion, light, sound, chemistry, biochemistry, radio waves and computing, but all on a single chip. These chips can mimic all our “senses” and thus eventually be used as a body replacement or enhancement, heralding a new era of bionics. But simpler systems such as hearing aids, pressure sensors, etc. have been implemented, but more unusual biosystems will appear in the future. MEMS will add eyes, ears, tactile sensations and other sensory data, while the built-in electronic logic function will serve as the “brain” for signal generation, data organization, control, analysis and integration of input and output data. Another important area of ​​application of these technologies is modern medicine. Specific examples are: Microfluidics for diagnostics. Microfluidics involves the movement, mixing, and control of small volumes (nanoliters) of fluids. A typical microfluidic system consists of needles, channels, valves, pumps, mixers, filters, sensors, reservoirs, and dispensers. Microfluidics enables medical diagnosis at the bedside or at the point of care. A diagnostic microfluidic system uses biological fluids (saliva, blood, or urine samples) for sample pretreatment, sample fractionation, signal amplification, data analysis, and display of results. Microfluidics for drug delivery. Microfluidics enables advanced drug delivery technologies such as triggered release, timed release, and targeted delivery.

|  |
| --- |
| Перелік підтверджень впливу (опис підтвердження кожного впливу до 1000 знаків  1. Патент на винахід № 125238 «Високочастотний ультразвуковий мікрореактор проточної дії», Дата, з якої є чинними права: 03.02.2022. Заявник: Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Винахідники: Коротченков О. О., Надточій А. Б., Шмід В. І.  2. A. B. Nadtochiy, V. I. Shmid and O. A. Korotchenkov, Miniature ultrasonic transducer for lab-on-a-chip applications, 2020 IEEE 40th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), Kyiv, Ukraine, 2020, pp. 425-429, doi: 10.1109/ELNANO50318.2020.9088851, https://ieeexplore.ieee.org/document/9088851  3. A. Podolian, A. Nadtochiy, O. Korotchenkov, V. Schlosser, Frequency-Dependent Sonochemical Processing of Silicon Surfaces in Tetrahydrofuran Studied by Surface Photovoltage Transients Molecules 2021, 26(12), р. 3756; <https://doi.org/10.3390/molecules26123756>  List of evidence of impart (description of confirmation of each impart up to 1000 characters  1. Patent for invention No. 125238 “High-frequency ultrasonic flow-through microreactor”, Date from which rights are valid: 03.02.2022. Applicant: Taras Shevchenko National University of Kyiv, Inventors: Korotchenkov O. O., Nadtochiy A. B., Shmid V. I.  2. A. B. Nadtochiy, V. I. Shmid and O. A. Korotchenkov, "Miniature ultrasonic transducer for lab-on-a-chip applications," 2020 IEEE 40th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), Kyiv, Ukraine, 2020, pp. 425-429, doi: 10.1109/ELNANO50318.2020.9088851, https://ieeexplore.ieee.org/document/9088851  3. A. Podolian, A. Nadtochiy, O. Korotchenkov, V. Schlosser, Frequency-Dependent Sonochemical Processing of Silicon Surfaces in Tetrahydrofuran Studied by Surface Photovoltage Transients Molecules 2021, 26(12), р. 3756; https://doi.org/10.3390/molecules2612375 |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |



