

Розробка теоретичних засад і принципів побудови мікроперетворювачів механічних величин в електричну величину на основі MEMS і нанотехнологій

Разработка теоретических основ и принципов построения микропреобразователей механических величин в электрическую величину на основе МЭМС и нанотехнологии

Development of theoretical foundations and principles of design mikroperetvoryuvachiv mechanical quantities into electrical value based on MEMS and Nanotechnology

1. **Номер державної реєстрації теми - 0114U000544,**
2. **Науковий керівник - д.т.н., проф. Гераїмчук М.Д., Гераимчук М.Д., Gerayimchuk M. D.**

Ч.2

Ч.2 Фотоелектричний вимірювач дистанції до об'єкту

Ч.2 Фотозлектрический измеритель дистанции до объекта

Part 2 Photoelectric measuring the distance to the facility

Науковий керівник - д.т.н. проф. Чиж І.Г. , Чиж И.Г., Chyzh I.H.

3. Суть розробки, основні результати.

(укр.)

Розроблені теоретичні основи проектування, методологію, принципи побудови і синтезу нової групи мікроперетворювачів механічних коливань і вібрацій в електричний сигнал для систем різного роду малопотужних мобільних пристроїв як альтернативних джерел живлення, а так же для енергетичних комплексів. Отримані нові знання про можливості розробки нового виду ефективних мікроперетворювачів механічних величин в електричну на основі MEMS і нанотехнологій. Досліджені і визначені потенційні можливості нових фізичних ефектів, з точки зору побудови мікроперетворювачів механічних коливань і вібрацій в електричний сигнал. Визначено вплив на їх характеристики і параметри зовнішніх збурень, а також досліджені методи рекуперації електричної енергії і інтеграції.

***Результати роботи впроваджено в навчальний процес:** підготовлено новий лекційний курс (факультатив) по тематиці дослідження: «Основи проектування MEMS перетворювачів коливань і вібрацій в електрику для альтернативної енергетики» і лабораторна робота по новому курсу «Дослідження динамічних об'єктів і систем» (розділ «Дослідження енергетичних характеристик MEMS перетворювачів» (факультатив); підготовлено лекції до нового курсу «Математичне моделювання систем і процесів»(розділ «Моделювання і дослідженню енергетичних характеристик MEMS перетворювачів».*

Підготовлено до захисту 1 кандидатську дисертацію, видано монографію, опубліковано 17 статей і тез, зроблено 9 доповідей на конференціях (з них 8 – на міжнародних), до виконання залучалось 12 студентів. За результатами наукових досліджень студентами захищено 8 дипломних проектів.

(рос.)

Разработаны теоретические основы проектирования, методологию, принципы построения и синтеза новой группы микропреобразователей механических колебаний и вибраций в электрический сигнал для систем различного рода маломощных мобильных устройств как альтернативных источников питания, а так же для энергетических комплексов. Получены новые знания о возможностях разработки нового вида эффективных микропреобразователей механических величин в электрическую на основе МЭМС и нанотехнологий. Исследованы и определены потенциальные возможности новых физических эффектов, с точки зрения построения микропреобразователей механических

колебаний и вибраций в электрический сигнал. Определено влияние на их характеристики и параметры внешних возмущений, а также исследованы методы рекуперации электрической энергии и интеграции.

Результаты работы внедрены в учебный процесс: подготовлен новый лекционный курс (факультатив) по тематике исследования: «Основы проектирования МЭМС преобразователей колебаний и вибраций в электричество для альтернативной энергетики» и лабораторная работа по новому курсу «Исследование динамических объектов и систем» (раздел «исследование энергетических характеристик МЭМС преобразователей» (факультатив) подготовлены лекции к новому курсу «Математическое моделирование систем и процессов» (раздел «моделирование и исследование энергетических характеристик МЭМС преобразователей», подготовлено к защите 1 кандидатскую диссертацию, издана монография, опубликовано 17 статей и тезисов, сделано 9 докладов на конференциях (из них 8 - на международных), к выполнению привлекалось 12 студентов. по результатам научных исследований студентами защищено 8 дипломных проектов.

(англ.)

The theoretical foundations of design, methodology, principles and synthesis of new mikroperetvoryuvachiv mechanical vibrations and vibrations into an electrical signal for various kinds of low-power mobile devices as alternative power sources, as well as for energy systems. New knowledge about the possibility of developing a new type of effective mikroperetvoryuvachiv mechanical quantities into electrical energy based on MEMS and nanotechnology. Researched and identified potential new physical effects in terms of building mikroperetvoryuvachiv mechanical vibrations and vibrations into an electrical signal. The effect on their characteristics and parameters of external disturbances and tested methods of recovery of electric power and integration.

Ч.2.

(укр.)

Розроблено прилад для встановлення безконтактним методом дистанції до об'єкту та його переміщення. Апаратний засіб дозволяє здійснювати додаткову функцію, а саме вимірювати відстань до подальшої точки ясного зору ока людини, тобто вимірювати значення аметропії ока. При цьому вимірювач дистанції може перетворюватися в офтальмологічний рефрактометр.

В основу дії вимірювача дистанції закладено використання формули Гауса, що встановлює зв'язок між оптичною силою оптичної системи, яка формує зображення об'єкту, та відстанями від неї до об'єкту та до площини аналізу зображення об'єкту. Для визначення факту оптичного спряження площини об'єкту та площини аналізу зображення запропоновано використовувати середньо-квадратичний радіус (RMS) від функції розподілу освітленості в зображенні світлової мікроплями на об'єкті. Ця пляма утворюється за допомогою лазерної освітлювальної системи, що входить у склад вимірювача. Оптичне спряження встановлюється за ознакою мінімуму функції $RMS(a)$, де a – дистанція до об'єкту. Оптичне спряження здійснює комп'ютерно керована варіюльнза. Дані про розподіл освітленості отримуються за допомогою телевізійної камери з швидким відеозаписом. Функція $RMS(a)$ відтворюється через тривимірну мікрофотометрію зображення освітленої зони об'єкту.

Основними результатами є підтвердження технічної можливості реалізації принципу дії, що використаний при створенні вимірювача, і забезпечення таким вимірювачем потрібної точності вимірювань дистанції до об'єкту, а також розробка системи вимірювача, розробка його конструкції, розробка математичного забезпечення дії приладу, створення комп'ютерної програми, яка керує функціонуванням вимірювача для забезпечення його автоматичної дії та для обробки даних вимірювань і для розрахунку потрібних параметрів.

(рос.)

Разработан прибор для определения бесконтактным методом дистанции до объекта и его перемещений. Разработанное устройство позволяет также осуществлять дополнительную функцию, а именно, измерять расстояние до дальнейшей точки ясного зрения глаза человека, то есть измерять значение аметропии глаза. При этом измеритель дистанции превращается в офтальмологический рефрактометр. В основу принципа действия измерителя дистанции заложено использование формулы Гаусса. Эта формула устанавливает связь между оптической силой оптической системы, которая формирует изображение объекта, и расстояниями от системы до объекта и до плоскости анализа изображения объекта. Для определения факта оптического сопряжения плоскости объекта и плоскости анализа изображения предложено использовать средне-квадратичный радиус (RMS) от функции распределения освещенности в изображении светового пятна на объекте. Это пятно образуется с помощью лазерной осветительной системы, которая входит в состав измерителя. Оптическое сопряжение устанавливается по признаку минимума функции $RMS(a)$, где a - дистанция до объекта. Оптическое сопряжение осуществляет вариолинза, управляемая компьютером. Данные о распределении освещенности добываются с помощью телевизионной камеры с быстрой видеозаписью. Функция $RMS(a)$ воспроизводится методом трехмерной микрофотометрии изображения освещенной зоны объекта. Основными результатами являются обоснование технической возможности реализации принципа действия измерителя при обеспечении требуемой точности измерений дистанции до объекта, а также разработка оптической системы измерителя, разработка его конструкции, разработка математического обеспечения для действия прибора, создание компьютерной программы, которая управляет функционированием измерителя и обеспечивает автоматический режим, обрабатывает данные измерений и рассчитывает необходимые параметры.

(англ.)

A device for determining of the distance to an object and its motion with non-contact method. Designed device also allows an additional function, namely, to measure the distance to the further point of clear vision of the human eye and to measure the value of eye refractive error. In this case this distance meter turns into ophthalmic refractometer.

The basis principle of the distance meter action is the use of the formula of Gauss. This formula establishes a relationship between the optical power of the optical system which forms an object image, and distances from the system to the object and to analyze the image plane of the object. To determine whether the optical interface of the object plane and the image plane of the analysis proposed to use a medium-square radius (RMS) on the light distribution function in the image of the light spot on the object. This spot is formed by the laser lighting system, which is part of the meter. Optical pairing is established on the basis of minimum of the $RMS(a)$, where a - the distance to the object. The optical conjugation carried out by variolinza controlled with computer. Light distribution data extracted by a television camera with a quick video. RMS function (a) is reproduced by a three-dimensional image microphotometry of the illuminated object zone.

The main results are the justification of technical feasibility, while ensuring the required accuracy of the meter of the principle of measuring the distance to the object, as well as the development of measuring optical system, the development of its design, the development of software for the operation of the device, to create a computer program that controls the operation of the meter and provides automatic work, processes the measurement data and calculates the required parameters.

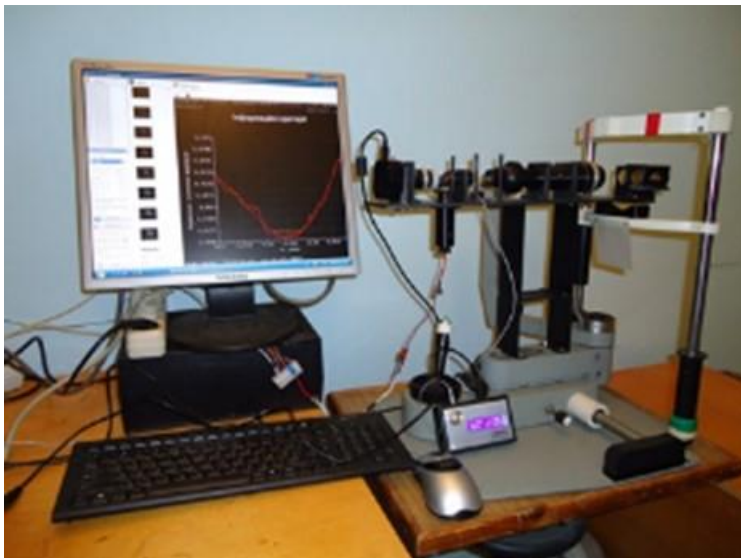
4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності.

Патент на корисну модель №74751 Офтальмологічний рефрактометр /Чиж І.Г., Голембовський О.О.– опубл.12.11.2012, Бюл.№21.

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Результати відповідають світовому рівню, а проведені дослідження в області інтеграції нано і мікроперетворювачів, а також методів рекуперації енергії їх перевершують, також принцип дії вимірювача та його технічна реалізація не мають аналогів серед оптико-електронних далекомірів та офтальмологічних рефрактометрів.

Фото макета приладу, на якому здійснювалася перевірка принципу дії приладу та тестувалася комп'ютерна програма



6. Економічна привабливість для просування на ринок

Застосування проведених досліджень дозволить вирішити проблему живлення різного виду систем мікроелектроніки (сенсорних мереж і інш.), а так же частково вирішити проблему зниження використання традиційних паливних ресурсів промислового призначення і поліпшити енергетичну незалежність країни.

Застосування розробленого принципу дії вимірювача дистанції для створення нового типу фотоелектричних оптико-електронних далекомірів у разі зменшує собівартість пристрою у порівнянні із існуючими аналогами та прототипами. До того ж використання такого принципу в офтальмологічному приладобудуванні дозволяє створити рефрактометри, вимірювачі обсягу псевдоакомодації та прилади для оцінки оптичної сили інтраокулярних лінз, аналогів яких ще не існує.

7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, підприємства, організації).

Потенційними користувачами являються підприємства, які займаються розробкою мікро і нано системам (Державне підприємство Арсенал, з-д ім. Петровського і інш.), а також підприємства міністерства енергетики, де гостро стоїть питання по розробці альтернативних джерел електрики.

А також галузь – приладобудування. Міністерства та відомства – Космічне агентство України, Міністерство охорони здоров'я. Підприємства – КПП «Арсенал», НВК «Фотоприлад».

7. Стан готовності розробки.

Можлива розробка дослідно-промислових зразків нового виду, які можуть бути впроваджені у промислове виробництво.

По ч.2. Розроблено конструкторську документацію для виготовлення експериментального зразка приладу. Розроблено та здійснено тестування комп'ютерної програми керування автоматичною дією вимірювача дистанції, обробки результатів вимірювань та генерування протоколу результатів вимірювань

8. **Існуючі результати впровадження.** Результати роботи впроваджено в навчальний процес, а також використовуються при оформленні міжнародного проекту «Горизонт 2020» в кооперації з Єврокраїнами.
9. **10. Форма участі інвестора:** - інвестування у виготовлення та у проведення тестування експериментального зразка приладу з часткою 50 % від прибутку при тиражуванні приладу.
10. **Обсяг інвестицій** Мінімальна сума інвестування для реалізації результатів проекту складає 100 тисяч доларів США.
11. **Мета інвестицій:** патентування на винахід та продаж ліцензії, створення нового підприємства, створення нової науково-дослідної лабораторії на кафедрі, обладнаної сучасним обладнанням.

13. Назва організації, телефон, E-mail

НТУУ“КПІ ім. Ігоря Сікорського”, приладобудівний факультет, кафедра приладобудування, (044) 204-83-80, geraimchuk@kpi.ua, та кафедра оптичних та оптико-електронних приладів, тел. (044)2049477, chyzh@voliacable.com

14. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання розробки

1. Гераїмчук М.Д., і інш. Основи проектування мікроперетворювачів механічних величин в електрику на основі мікро- і нанотехнологій. Монографія: – К.: ТОВ ВД «Едельвейс», 2016. – 106 с.
2. Гераїмчук М.Д., Гераїмчук І.М. Альтернативні джерела енергії і методи перетворення її на електрику. Монографія.– К.: ТОВ ВД. «Едельвейс», 2013, – 96 с.
3. Чиж І. **Аберометрия в офтальмологии** LAP LAMBERT Academic Publishing.– Saarbrucken.– 2016, Німеччина.– р. 238.
4. Кравченко С.С., Гераїмчук М.Д., Шувалов Р.В. Повітряний генератор з підвищеним ккд. Матеріали конференції Ювілейної Х міжнародної науково - практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні» 11 березня 2014 р., К.:НТУУ «КПІ»,ВПІ ВПК «Політехніка» 2014. - с. 36.
5. Гераїмчук М.Д., Кравченко С.С., Шувалов Р.В. Зменшення впливу вітряних установок перетворення енергії вітру в електрику на зовнішнє середовище. Збірник тез доповідей VII Науково - практичної конференції студентів та аспірантів «Погляд у майбутнє приладобудування» 23-24 квітня 2014 р., м. Київ, ПБФ,НТУУ «КПІ». -2014.- с. 86.
6. Гераїмчук М.Д., Шевченко Д.В. MEMS перетворювачі механічних коливань і вібрацій в електричну енергію. Збірник тез доповідей VII Науково - практичної конференції студентів та аспірантів «Погляд у майбутнє приладобудування» 23-24 квітня 2014 р., м. Київ, ПБФ,НТУУ «КПІ». -2014.- с. 88.
7. Неводовський П. В., Гераїмчук М. Д. Особливості технології розробки наукових приладів для дослідження космічних об'єктів у оптичному діапазоні. Збірник тез доповідей XIII Міжнародної н.-т. конференції «ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи, 23-24 квітня 2014, Київ, ПБФ, НТУУ“КПІ”. - 2014.- с. 97.
8. Anton Antonenko, Michael Geraimchuk. Controlled Polarization Converter C-range On MEMS Keys. XV International PhD Workshop OWD 2013, 19 – 22 October 2014, Wisla, Poland.
9. Anton Antonenko, Michael Geraimchuk, Orest Ivakhiv. MEMS Keys As A Way To Delay The Phase Of The Microwave Range. IEEE Microwave Theory and Techniqes Society. 16-18 Jun 2014. 4 pp.
10. Антоненко А.С., Гераїмчук М.Д. ФОЗООБЕРТАЧІ НА ОСНОВІ МІКРОЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ (МЕМС) ДЛЯ АНТЕН ЧАСТОТНОГО СКАНУВАННЯ. Тези; 4 Міжн наук. практ. конф. Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних

- пристроїв, засобів те комунікації, нано та мікро електроніки. 23-25 жовтня 2014, Чернівці. Україна.
11. Anton Antonenko, Michael Geraimchuk, Orest Ivakhiv. MEMS Keys as a Way to Delay the Phase of the Microwave Range. *Sensor & Transducers*, Vol. April 2015, pp.94-98.
 12. M.D. Geraimchuk. Situation and perspectives of development of microsensors for locating and motion characteristics measurement of an object. *Symposium on Precision Opto-Mechatronics Technology 2014. Beijing, China on November 19 - 20, 2014.*
 13. Гераїмчук М. Д., Хазанович Ю.Ю. Розвиток мікропроцесорів зі штучним інтелектом. Збірник тез доповідей XIV Міжнародної н.-т. конференції «ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи, 22-23 квітня 2015, Київ, ПФФ, НТУУ «КПІ». - 2015.- с. 114-115.
 14. M. Gerayimchuk, O. Ivakhiv. Current state and prospects of microtransducers for position and motion characteristics of the object consideration. *The 16th International Conference on Research and Education in Mechatronics REM2015, Bochum, Germany, November 18 – 20, 2015 ,Published by Deutsche Gesellschaft fur Mechatronik e.V. 227 - 231 pp.*
 15. Хазанович Ю.Ю. Гераїмчук М. Д. АНАЛІЗ РОЗВИТКУ МІКРОПРОЦЕСОРІВ ЗІ ШТУЧНИМ ІНТЕЛЕКТОМ. Збірник тез доповідей XV Міжнародної н.-т. конференції «ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи, 17-18 травня 2016, Київ, ПФФ, НТУУ «КПІ». – 2016. – С. 84-85.
 16. Гераїмчук М. Д. СТАН РОЗВИТКУ МІКРОПЕРЕТВОРЮВАЧІВ МЕХАНІЧНИХ КОЛИВАНЬ І ВІБРАЦІЙ В ЕЛЕКТРИЧНИЙ СИГНАЛ. Збірник тез доповідей XV Міжнародної н.-т. конференції «ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи, 17-18 травня 2016, Київ, ПФФ, НТУУ «КПІ». – 2016. – С. 75-76.
 17. Галицький В.П., Гераїмчук М. Д. ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ. Збірник тез доповідей ІХ науково - практичної конференції студентів та аспірантів «Погляд у майбутнє приладобудування» 17-18 травня 2016 р., м. Київ, ПФФ, НТУУ «КПІ». –2015. – С. 103.
 18. Шувалов Р. В, наук.керівник Гераїмчук М.Д. ПЕРЕТВОРЕННЯ ЗВУКОВИХ КОЛИВАНЬ В ЕЛЕКТРИЧНИЙ СИГНАЛ. Збірник тез доповідей ІХ науково - практичної конференції студентів та аспірантів «Погляд у майбутнє приладобудування» 17-18 травня 2016 р., м. Київ, ПФФ, НТУУ «КПІ». –2015. – С. 102.
 19. V.Shevchuk, O. Ivakhiv, M. Gerayimchuk, Y. Brayko. Efficient Encoding and Transmission of Monitoring Data in Information-efficient Wireless Networks. *The 3 rd IEEE International Symposium on Wireless Systems within the Conferences on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems. Offenburg, Germany, 26-27 September 2016. pp.138-143.*
 20. V. Shevchuk, O. Koval, M. Geraimchuk. Encoding and transmission of monitoring data in information-efficient radio networks. *2nd International Symposium on Precision Opto-Mechatronics Technology (SPROMT) 2016. Beijing, China on October 27 - 30, 2016.*
 21. Чиж І.Г. , Шиша Т.О. Analysis of Wave Aberrations of Intraocular Lenses (IOL), Implanted into a Physical Model of the Human Eye // *Вісник Національного технічного університету України «КПІ»/ Приладобудування .– 2015.– № 50(2) .–С .140 -146.*
 22. Чиж І.Г., Голембовський О.О. Спосіб визначення RMS опромінення зображення протяжного джерела методом мікрофотометрії // *Наукові вісті НТУУ «КПІ» – 2016.– №1.– с. 124-130.*
 23. Чиж І.Г., Голембовський О.О. Похибки вимірювання аметропії та обсягу псевдоакомодації ока за зображенням світлової мікроплями на сітківці // *Наукові вісті НТУУ «КПІ» – 2016.– №2.– с. 100-107.*

24. Чиж І.Г., Голембовський О.О. Метод и устройство для объективной оценки глубины фокуса артификаческого глаза // “Scientific Letters of Academic Society of Michal Baludansky”/ ISSN 1338-9432.– №4.– 6-2016.– с.48-51.
25. Чиж І.Г., Афончина Н.Б., Шиша Т.О. Ametropia, astigmatism and pseudo-accommodation magnitude measurement with use of point retinal image RMS // Proceedings of 8th European Meeting on Visual and Physiological Optics VPO 2016.– р. 160-162.
26. Чиж І.Г., Голембовський О.О. Фізичний метод визначення RMS зображення точки, сформованого абераційною оптичною системою // Збірник тез доповідей XIV Міжнародної науково-технічної конференції «Приладобудування 2015: Стан та перспективи», Київ, Україна, НТУУ «КПІ», 22-23 квітня – Київ. - 2015.– с. 64.
27. Чиж І.Г., Голембовський О.О. Похибки вимірювання аметропії та обсягу псевдоакомодації ока за зображенням світлової мікроплями на сітківці // Збірник тез доповідей XIV Міжнародної науково-технічної конференції «Приладобудування 2016: Стан та перспективи», Київ, Україна, НТУУ «КПІ», 17-18 травня – Київ. - 2016.– с. 126.
28. Чиж І.Г., Якимов А.К., Шиша Т.О. Оптимізаційний метод визначення оптичної сили іплантованої інтраокулярної лінзи // Збірник тез доповідей XIV Міжнародної науково-технічної конференції «Приладобудування 2016: Стан та перспективи», Київ, Україна, НТУУ «КПІ», 17-18 травня – Київ. - 2016.– с.133.

16. Ключові слова до розробки: мікроперетворювачі механічних величин в електрику, альтернативна енергетика, мікро- і нанотехнології в альтернативній енергетиці, нетрадиційні джерела енергії, фотоелектричний далекомір, вимірювач рефракції ока, вимірювач обсягу псевдоакомодації, визначальник оптичної сили інтраокулярної лінзи