

АНОТАЦІЯ

ДО МАГІСТЕРСЬОЇ ДИСЕРТАЦІЇ

СТУДЕНТА ФМФ, другого (магістерського) рівня вищої освіти, гр. ОФ-31мп

Швачко Єгора Олександровича
(ПІБ)

На тему Аналітичне та чисельне дослідження мікроелектромеханічної системи (МЕМС) на основі моделі осесиметричних коливань круглої пружної поверхні за довільних крайових умов

Науковий керівник Доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри загальної фізики КПІ ім. Ігоря Сікорського, Решетняк Сергій Олександрович

Актуальність Технології збудження власних і резонансних частот коливань мембран, прямокутної, круглої і, взагалі, довільної форми (найпростіші форми з огляду на управління параметрами та технології виробництва), визначають габаритні розміри рухомих елементів МЕМС і задають робочий діапазон частот цих пристроїв. З розвитком нових матеріалів і технологій виробництва, таких як 3D-друк та наноматеріали, з'являються нові можливості для проектування та вдосконалення МЕМС, що підвищує їхню продуктивність і знижує енергоспоживання. Врахування цих аспектів є важливим для подальшого розвитку галузі, оскільки інтеграція нових технологій дозволяє вирішувати складні завдання з вищою ефективністю та точністю

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами кафедри робота виконана в рамках тематики наукової школи «Фізика твердого тіла та магнітних явищ» КЗФ та КЗФ та МФП

Об'єкт дослідження двовимірне хвильове рівняння в полярній системі координат, що описує пружні коливання круглої мембрани

Предмет дослідження вимушені гармонічні осесиметричні коливання мембрани із пружно закріпленим краєм

Мета роботи аналітичний та чисельний аналіз динамічних властивостей круглої мембрани з пружним кріпленням, що дозволяє розширити існуючі знання про коливальні процеси в МЕМС

Методи дослідження аналітичний, чисельний (метод кінцевих різниць)

Відомості про обсяг звіту, кількість ілюстрацій, таблиць, додатків і літературних найменувань за переліком використаних обсяг звіту – 92 сторінок, кількість ілюстрацій – 18, кількість додатків – 2, кількість літературних найменувань за переліком – 53

Мета індивідуального завдання, використані методи та отримані результати отримано аналітичний розв'язок і наведено чисельні результати. Аналітичний розв'язок виступає засобом верифікації чисельної схеми, підтверджуючи її точність. У свою чергу, чисельний метод забезпечує можливість розв'язання задач зі складнішими початковими або граничними умовами, що недоступно для аналітичного підходу. Обидва підходи показують осесиметричну поведінку, характерну для задач із радіальною симетрією

Висновок Отримані результати для простої моделі вимушених коливань круглої мембрани з пружним закріпленням по периметру та його графічна інтерпретація можуть бути корисними для розробників МЕМС при проектуванні МЕМС-пристроїв. Виявлення основних та вищих резонансних частот мембрани є важливим для її інтеграції в акустичні випромінювачі, сенсори та інші МЕМС-пристрої, де критично важливо точно контролювати динамічні параметри. Результати показали, що зростання частоти викликає зниження амплітуди коливань, що вказує на ефект частотного демпфування. Це відкриває можливість створення нових пристроїв із оптимізованим частотним демпфуванням для застосувань, де мембрани слугують не лише випромінювачами звуку, але й елементами амортизації або демпфування

Перелік ключових слів (не більше 20) вимушені гармонічні коливання, кругла мембрана, пружне кріплення, мікроелектромеханічні системи

Підпис керівника



SUMMARY

TO THE REPORT TO SCIENTIFIC AND RESEARCHING PRACTICE

STUDENT OF FMF, 2 COURSE OF THE MASTER LEVEL, GR. OF-31mp

Egor Shvachko

(FULL NAME)

On the topic Analytical and numerical investigation of a microelectromechanical system (MEMS) based on a model of axisymmetric vibrations of a circular elastic surface under arbitrary boundary conditions

Scientific supervisor Doctor of physical and mathematical sciences, professor, head of the department of general physics at Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Serhii Oleksandrovykh Reshetnyak

Topicality Technologies for exciting natural and resonant frequencies of membrane vibrations—whether rectangular, circular, or of arbitrary shape (with simpler shapes being preferable for parameter control and manufacturing technologies)—determine the dimensions of MEMS moving elements and set the operating frequency range of these devices. The development of new materials and manufacturing technologies, such as 3D printing and nanomaterials, opens up new opportunities for designing and improving MEMS, enhancing their performance and reducing energy consumption. Considering these aspects is essential for advancing the field, as integrating new technologies allows solving complex tasks with greater efficiency and precision

Relationship of work with scientific programs, plans, themes cathedra The work is carried out within the framework of the scientific school "Physics of Solid State and Magnetic Phenomena" and the department's related themes

Object of research A two-dimensional wave equation in a polar coordinate system describing elastic vibrations of a circular membrane

Subject of research Forced harmonic axisymmetric vibrations of a membrane with elastic edge support

Purpose of work To perform an analytical and numerical analysis of the dynamic properties of a circular membrane with elastic edge support, thereby expanding the existing knowledge of vibration processes in MEMS

Research methods Analytical and numerical methods (finite difference method)

Information about the volume of the report, the number of illustrations, tables, applications and literary names in the list of used ones Volume - 92 pages, illustrations – 18, applications – 2, references – 53 sources

The purpose of the individual task, the methods used and the results obtained An analytical solution was derived, and numerical results were presented. The analytical solution serves as a tool for verifying the numerical scheme, confirming its accuracy. Conversely, the numerical method allows solving problems with more complex initial or boundary conditions, which are inaccessible to the analytical approach. Both approaches demonstrate the axisymmetric behavior characteristic of problems with radial symmetry

Conclusion The results obtained for a simple model of forced vibrations of a circular membrane with elastic edge support and their graphical interpretation can be useful for MEMS developers in designing MEMS devices. Identifying fundamental and higher resonance frequencies of the membrane is crucial for its integration into acoustic emitters, sensors, and other MEMS devices, where precise control of dynamic parameters is critical. The results showed that increasing frequency leads to a decrease in vibration amplitude, indicating a frequency damping effect. This opens up opportunities to create new devices with optimized frequency damping for applications where membranes serve not only as sound emitters but also as damping or cushioning elements

Keyword list (no more than 20) Forced harmonic vibrations, circular membrane, elastic support, microelectromechanical systems

Signature of the head


