# РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ И АНАЛИЗ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ РЕЗОНАНСНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО МЭМС-АКСЕЛЕРОМЕТРА

Игумнова В.С. [1], Лукин А.В. [1], Попов И.А. [1,]

[1]*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург*
*igumnovavs@mail.ru, lukin_av@spbstu.ru, popov_ia@spbstu.ru*

В последние годы наблюдается интенсивное развитие индустрии нано- и микроэлектромеханических систем, в частности датчиков ускорения [1]. Разработка новых перспективных конструкций МЭМС-акселерометров является актуальной задачей инженерного и научного сообщества [2,3,4]. Развитием квазистатических схем стали резонансные акселерометры с дифференциальной схемой измерения колебаний, где чувствительный элемент совершает колебания на одной из резонансных частот [5]. Главное преимущество таких механических реализаций заключается в возможности конструкционного подавления температурных помех. Полезным сигналом является разность с двух ёмкостных преобразователей с различными частотами, которая имеет вид биений. Ускорение объекта измеряется по огибающей режима биений в выходном сигнале датчика [6]. Дифференциальный способ измерения позволяет повысить точность измерения. Одним из применений подобной конструкции может стать гравиметр [7,8], предназначенный для высокоточного измерения силы тяжести, которая может изменяться в зависимости от ландшафта земной поверхности. Он может быть установлен на беспилотных летательных аппаратах и применяться для поиска полезных ископаемых более эффективными методами.

В данной работе предложена архитектура МЭМС-акселерометра с дифференциальной схемой измерения. Колебания возбуждаются гребенчатой структурой электродов, измерение колебаний считывается электродами с меняющимся зазором. Приложенное ускорение приводит в движение инерционную массу, которая в свою очередь воздействует на чувствительный элемент, изменяя частоту его колебаний, что и является полезным выходным сигналом. Рассмотрены вопросы практической реализации предложенной схемы, а также изучено влияния конструкционных несовершенств на точность и стабильность измерений. Проведено конечно-элементное моделирование системы и аналитическое исследование нелинейной динамики инерциального датчика навигации при различных внешних воздействиях.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-71-10009, https://rscf.ru/project/21-71-10009/

Литература

[1] Hajjaj A. Z. et al. Linear and nonlinear dynamics of micro and nano-resonators: Review of recent advances //International Journal of Non-Linear Mechanics. – 2020. – Т. 119. – С. 103328.
[2] Liu H., Zhang Y., Wu J. Structural Design and Testing of a Micromechanical Resonant Accelerometer //Micromachines. – 2022. – Т. 13. – №. 8. – С. 1271.
[3] Shi F. T. et al. Modeling and analysis of a novel ultrasensitive differential resonant graphene micro-accelerometer with wide measurement range //Sensors. – 2018. – Т. 18. – №. 7. – С. 2266.
[4] Pandit M. et al. An ultra-high resolution resonant MEMS accelerometer //2019 IEEE 32nd International Conference on Micro Electro Mechanical Systems (MEMS). – IEEE, 2019. – С. 664-667.
[5] Wang C. et al. Micromachined accelerometers with sub-μg/√ Hz noise floor: A review //Sensors. – 2020. – Т. 20. – №. 14. – С. 4054.
[6] Shiroky I. B., Gendelman O. V. Modal synchronization of coupled bistable van der Pol oscillators //Chaos, Solitons & Fractals. – 2021. – Т. 143. – С. 110555.
[7] Mustafazade A. et al. A vibrating beam MEMS accelerometer for gravity and seismic measurements //Scientific reports. – 2020. – Т. 10. – №. 1. – С. 1-8.
[8] Fang Z. et al. A sensitive micromachined resonant accelerometer for moving-base gravimetry //Sensors and Actuators A: Physical. – 2021. – Т. 325. – С. 112694.