



УДК 621.382.001

DOI: 10.22184/1993-8578.2020.13.4s.525.526

## Моделирование МЭМС-элемента приемника ИК-излучения на основе системы переключаемых термопар

### Simulation of a MEMS Element of an IR Sensor Based on the System of Switchable Thermocouples

Фетисов Е. А.<sup>1,3</sup>, к. ф.-м. н., Хафизов Р. З.<sup>2</sup>, к. ф.-м. н., Демин Г. Д.<sup>1</sup>, к. ф.-м. н.

<sup>1</sup> Национальный исследовательский университет «МИЭТ»

124498, г. Москва, г. Зеленоград, площадь Шокина, 1

gddemin@edu.miet.ru

<sup>2</sup> ООО «ГРАФИМПРЕСС»

127018, г. Москва, ул. Стрелецкая, 6

<sup>3</sup> ООО «МЕКО»

124536, г. Москва, г. Зеленоград, ул. Юности, 8

fetisov@unicm.ru

Fetisov E. A.<sup>1,3</sup>, Ph.D, Khafizov R. Z.<sup>2</sup>, Ph.D, Demin G. D.<sup>1</sup>, Ph.D

<sup>1</sup> National Research University of Electronic Technology

1 Shokin Square, Zelenograd, Moscow, 124498, Russia

gddemin@edu.miet.ru

<sup>2</sup> GRAPHIMPRESS LLC

6 Streletsкая St., Moscow, 127018

<sup>3</sup> MECO LLC

8 Yunosti St., Zelenograd, Moscow, 124536

fetisov@unicm.ru

Исследованы электромеханические свойства мембранного МЭМС-элемента приемника ИК-излучения на основе наноразмерных термопар в зависимости от геометрии управляющих электродов. Выбрана оптимальная топология МЭМС-элемента, обеспечивающая минимальные пороговые напряжения переключения микросистемы.

**Ключевые слова:** ИК-фотоприемник; МЭМС-технология; композитная диэлектрическая мембрана; динамический эффект Зеебека; электромеханическая деформация; переключаемые термопары.

The electromechanical properties of a membrane MEMS element of an IR detector based on nanoscale thermocouples are investigated depending on the geometry of the gate electrodes. The optimal topology of the MEMS element is found, which provides minimal threshold voltages required to switch the microsystem.

**Keywords:** IR photodetector; MEMS technology; composite dielectric membrane; dynamic Seebeck effect; electromechanical deformation; switchable thermocouples.

В настоящее время одним из актуальных направлений развития рынка сенсорных устройств является разработка недорогих портативных детекторов ИК-излучения, позволяющих эффективно собирать информацию о картине распределения тепловых полей объектов, что может быть применимо для решения широкого спектра задач термографии (в медицине, биологии, автомобильной и пищевой промышленности). На пути оптимизации существующих прототипов МЭМС-элементов ИК-устройств существует



дилемма, связанная с невозможностью одновременного достижения хорошей тепловой изоляции слоя-поглотителя и приемлемого теплоотвода, достаточного, чтобы предотвратить драматический разогрев МЭМС-структуры падающим на нее ИК-излучением. Таким образом, существует потребность в новых конструктивных решениях, способных устранить обозначенные проблемы и тем самым обеспечить стабильную работу ИК-приемника [1]. Для этой цели мы провели численное моделирование перспективных конструкций чувствительного МЭМС-элемента термоэлектрического ИК-сенсора с термопарами на гибкой мембране, отвод тепла с которой производится за счет ее электромеханического соприкосновения со дном микрополости в подложке. Научная новизна предлагаемого решения связана с оригинальным динамическим принципом работы МЭМС-термопар, повышающим быстродействие устройства и улучшающим отношение сигнал/шум в матричных МЭМС-приемниках ИК-излучения [2, 3].

#### *Литература*

1. Laurent L., Yon J.-J., Moulet J.-S., Roukes M. and Duraffourg L. 12- $\mu\text{m}$  electromechanical resonator for thermal sensing // *Phys. Rev. Applied*, 2018. V. 9. P. 024016.
2. Fedirko V. A., Fetisov E. A., Khafizov R. Z., Rudakov G. A. and Sigarev A. A. Thermopile IR Sensor Arrays // *Proceedings of the Scientific-Practical Conference "Research and Development — 2016"*, Moscow, Russia, 2017. P. 39–48.
3. Piller M., Luhmann N., Chien M.-H. and Schmidt S. Nanoelectromechanical infrared detector // *Proceedings of SPIE Nanoscience + Engineering 2019*, 2019. V. 11088. P. 1108802.

Today, one of the key development trends in the sensor device market is the creation of inexpensive portable infrared detectors, which allow efficiently collecting information about the distribution of thermal fields of objects. It can be applied to solve a wide range of thermography problems (in medicine, biology, automotive and food industry). On the way to optimizing the existing prototypes of MEMS elements of IR devices, there is a dilemma associated with the impossibility of simultaneously achieving good thermal insulation of the absorber layer and an acceptable heat sink, sufficient to prevent dramatic heating of the MEMS structure by the incident IR radiation. Thus, there is a need for new design solutions that can eliminate the indicated problems and thereby ensure stable operation of the IR detector [1]. For this purpose, we have performed a numerical simulation of promising designs of a sensitive MEMS element of a thermoelectric IR sensor with thermocouples on a flexible membrane, the heat removal from which is carried out due to its electromechanical contact with the bottom of the microcavity in the substrate. The scientific novelty of the proposed solution is associated with the original dynamic principle of operation of the MEMS thermocouples, which will provide an increase in the speed and improvement of the signal-to-noise ratio in the matrix of MEMS-based IR detectors [2, 3].

#### *References*

1. Laurent L., Yon J.-J., Moulet J.-S., Roukes M. and Duraffourg L. 12- $\mu\text{m}$  electromechanical resonator for thermal sensing // *Phys. Rev. Applied*, 2018. V. 9. P. 024016.
2. Fedirko V. A., Fetisov E. A., Khafizov R. Z., Rudakov G. A. and Sigarev A. A. Thermopile IR Sensor Arrays // *Proceedings of the Scientific-Practical Conference "Research and Development — 2016"*, Moscow, Russia, 2017. P. 39–48.
3. Piller M., Luhmann N., Chien M.-H. and Schmidt S. Nanoelectromechanical infrared detector // *Proceedings of SPIE Nanoscience + Engineering 2019*, 2019. V. 11088. P. 1108802.